



Guide
TRANSPORTEUR+

Électrique, de l'école à la maison

Un guide technique sur l'électrification
des autobus scolaires québécois afin
de mener à bien sa transition



propulsion
Québec

Publication en date de juin 2022.
Mise à jour en date d'août 2023.

À propos de ce guide

Propulsion Québec a mandaté la firme de consultation WSP Canada pour la réalisation de ce guide pour les transporteurs d'autobus scolaires, intitulé Transporteur+. Ce guide a pour objectif d'offrir un accès facile et direct à des ressources, afin de clarifier les étapes, les enjeux ainsi que les conditions et mesures facilitantes pour une transition réussie vers l'électrification.

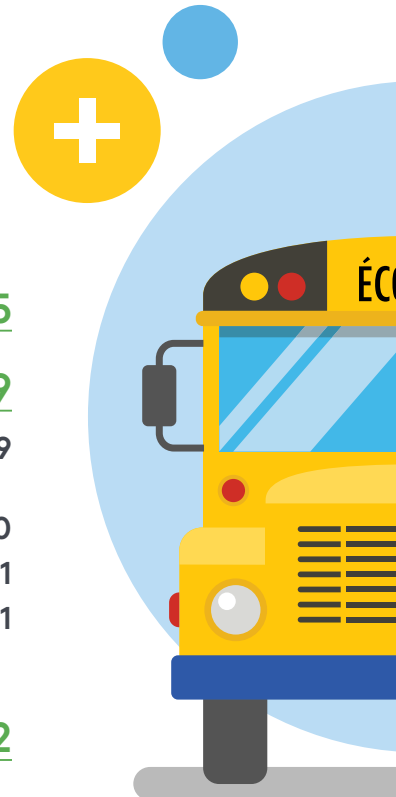
Remerciements

Propulsion Québec souhaite remercier l'organisme L'Accélérateur de transition et l'équipe de WSP Canada pour leurs contributions essentielles ainsi que l'ensemble des experts rencontrés dans le cadre de l'élaboration de ce guide.

La réalisation de ce guide a été rendue possible grâce au soutien financier de :



Table des matières



Sommaire exécutif	5
Pourquoi ce guide?	9
1.1 Contexte actuel	9
1.2 Bénéfices de l'électrification des autobus scolaires pour les transporteurs	10
1.3 Utilisateurs de ce guide	11
1.4 Participants et remerciements	11
L'autobus électrique: un véhicule intimement lié à ses infrastructures	12
2.1 L'importance et l'interdépendance de chaque composante dans un projet d'électrification	12
2.2 Caractéristiques des autobus électriques	13
2.2.1 Composantes du groupe motopropulseur	13
2.2.2 L'autobus électrique scolaire en hiver	15
2.2.3 Maintenance et dégradation des batteries	16
2.2.4 Conduite	17
2.2.5 Collectes de données en temps réel	17
2.2.6 Coûts d'acquisition et d'exploitation	18
2.3 Revue des modèles de bornes de recharge et logiciels offerts sur le marché	19
2.3.1 Revue des différentes options de recharge	19
2.3.2 Choix des options adaptées aux besoins	21
2.4 Impact de l'électrification sur les bâtiments	23
2.4.1 Entrée électrique et distribution électrique	23
2.4.2 Reconversion du bâtiment	24
2.4.3 Logiciels de gestion de la recharge	25
Services offerts et financements pour faciliter la transition	27
3.1 Fabricants et constructeurs	27
3.2 Services après-vente et accompagnement	28
3.2.1 Services après-vente après achat des véhicules	28
3.2.2 Autres services d'accompagnement	29

Table des matières

3.3	Modes de financement	30
3.3.1	Subventions	30
3.3.3	Autres sources de financement	31
3.4	Autres services en développement	34
3.4.1	Optimisation du service de transport scolaire et de l'utilisation des autobus	34
3.4.2	Inspection en usine de chargeurs niveau 3	34
3.4.3	Inspection en usine des autobus électriques	35
3.4.4	Achat groupé d'autobus électriques	35
3.4.5	À surveiller: Solution de recharge intelligente Hilo	35
3.4.6	À surveiller: échange d'énergie véhicule-réseau (V2G, Vehicle-to-Grid)	36

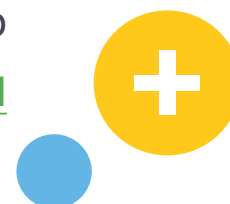
Grandes étapes de réalisation pour convertir sa flotte vers l'électrique **37**

4.1	La planification	37
4.1.1	Planification pour la mise en œuvre d'un projet pilote	38
4.1.2	Planification pour une mise en œuvre progressive	38
4.2	Sélection des fournisseurs	39
4.2.1	Questions pour les fournisseurs d'autobus	39
4.2.2	Questions pour les fournisseurs de service et d'équipements électriques	40
4.3	Projet pilote et intégration progressive	41
4.4	Adapter les bâtiments et les infrastructures pour accueillir les autobus scolaires électriques	41
4.5	Mise en opération	43
4.6	Échéancier général	43

Conseils et ressources pour réussir sa transition énergétique **45**

5.1	Témoignages et leçons apprises des déploiements passés	46
5.1.1	Un mot d'ordre: planifier	46
5.1.2	Prévoir ses coûts à l'avance	47
5.1.3	Avoir une vision à long terme	49
5.2	Des ressources pour soutenir les projets	50

Conclusions **51**



Sommaire exécutif

Les autobus électriques sont une solution importante pour transformer le transport scolaire vers une alternative plus durable, efficace et résiliente sur le long terme. Bien que cette technologie possède de nombreuses similitudes avec les autobus diesel standards, il est important de comprendre ce qui la rend unique pour mieux se préparer à son arrivée.

Ce guide technique présente une revue des technologies d'autobus électriques et de leurs systèmes de recharge, de leurs évolutions futures, et des étapes clés à prendre en compte pour réussir son déploiement. Il a pour objectif de démystifier les travaux à planifier pour la transition, d'identifier les exigences opérationnelles de la technologie et de fournir des solutions pour y répondre, ainsi que de proposer des pistes d'actions concrètes aux transporteurs pour aborder ce virage technologique d'ici 2025. Puisque les opportunités de financement et de subvention se multiplient, c'est le bon moment pour entamer son processus de transition.

Ce guide s'adresse principalement aux petits et moyens transporteurs scolaires (jusqu'à 50 autobus) qui retrouveront les informations nécessaires sur l'électrification des autobus scolaires et sur les premières étapes pour accomplir leur transition énergétique.

Points saillants sur les autobus électriques et leurs infrastructures

Les autobus électriques sont propulsés par l'électricité et doivent être rechargés de façon régulière – généralement une fois par jour – pour pouvoir opérer. La plupart des parcours scolaires peuvent être effectués en prévoyant une seule recharge longue la nuit lorsque l'autobus est stationné, car ils ont une autonomie qui varie entre 150 et 250 km. Pour garantir l'autonomie du véhicule en hiver lorsque les températures sont basses, un chauffage auxiliaire au diesel est installé.

Les mécaniciens qui effectuent la maintenance légère et régulière des véhicules, comme le changement de certains petits connecteurs, ne nécessitent pas de formations spécialisées. Toutefois, ils doivent être équipés avec de nouveaux outils isolés pour assurer leur sécurité. Pour ce qui est de la maintenance plus lourde, telle que le remplacement des batteries, il faut aujourd'hui faire appel directement aux fabricants.

Pour la majorité des flottes d'autobus scolaires au Québec, les autobus électriques auront besoin d'une recharge de niveau 2 distribuant jusqu'à 19,2 kW d'électricité pour une recharge durant entre 7 et 10 heures selon la capacité de la batterie. Il est recommandé de prévoir une borne de recharge par véhicule, avec possibilité d'ajouter des bornes de surplus en cas de besoin. Ces bornes auront besoin d'être entretenues tout au long de leur cycle de vie.

Sommaire exécutif

Généralement, à partir de trois bornes de niveau 2, les bâtiments n'ont généralement pas assez de capacité électrique disponible pour distribuer la puissance requise aux chargeurs. Il faut donc reconfigurer le système de distribution actuel ou prévoir l'ajout d'une nouvelle entrée électrique indépendante pour distribuer l'électricité aux chargeurs. Cette seconde solution prend la forme d'un conteneur ou d'une plateforme modulable dans lesquels les transformateurs et appareils de commutation sont installés. Ce guide inclut une section dédiée à l'impact de l'électrification sur les bâtiments.

L'adoption d'autobus électriques permet la collecte de données en temps réel sur les véhicules et leurs infrastructures. Ces données peuvent aider à prévenir les besoins de maintenance, à augmenter la durée de vie moyenne des composantes, ainsi que d'optimiser l'attribution des trajets aux véhicules en fonction de la condition des batteries. De plus, les logiciels de gestion de la charge qui accompagnent les infrastructures permettent de minimiser l'utilisation simultanée de tous les chargeurs la nuit ce qui diminue la demande électrique de pointe et donc, la facture d'électricité.

Première étape de réalisation: la planification

Planifier son projet d'électrification est à la base d'une transition réussie. Lors de cette étape, il faut d'abord mettre sur papier sa vision sur le court, moyen et long terme afin de bien cerner ses besoins. Combien d'autobus doivent être remplacés chaque année? Quels sont mes requis d'autonomie journaliers? Quels seront mes besoins électriques futurs? Ces questions permettent de mettre en place le cadre du plan de transition.

Il est important de comprendre les dépenses associées à cette transition et prévoir les modifications à effectuer dans les ateliers, la disposition des bornes de recharge sur le terrain, et le nombre de bornes dont la flotte aura besoin à chaque année. Plusieurs modèles financiers peuvent être envisagés pour financer la transition, en prenant avantage des subventions et des options d'emprunt à bas taux disponibles aujourd'hui. Les demandes de subventions doivent être déposées durant cette première phase

Pour vous aider dans la transition, des spécialistes peuvent vous conseiller et vous épauler en vous offrant une aide ponctuelle ou un service clé en main, c'est-à-dire de la conception, en passant par les demandes de permis et de raccordement avec Hydro-Québec, l'acquisition des infrastructures et la surveillance lors des travaux. Ces activités peuvent être incluses dans un contrat en tant que service après-vente auprès des fournisseurs d'autobus directement, ou en passant par des firmes externes.

C'est à cette première étape qu'il faut entamer les discussions avec Hydro-Québec, s'il y a lieu, pour revoir le raccordement actuel du garage et planifier sa mise à jour. La phase de planification peut durer jusqu'à un an pour prévenir le mieux possible les complications liées aux futures installations.

Deuxième étape: sélectionner ses fournisseurs d'autobus, de chargeurs et de logiciels

Lorsqu'on parle d'un projet d'adoption d'autobus électrique, il faut considérer le système dans son entièreté: le véhicule, son infrastructure de recharge et les logiciels d'exploitation et de planification. Ce guide propose les questions à se poser pour aider à sélectionner des fournisseurs d'autobus ou de service. Les éléments clés entourant la capacité et la durée de vie des batteries, la disponibilité de main-d'œuvre spécialisée pour les réparations lourdes, ainsi que les délais d'approvisionnement sont soulevés dans la liste de questions.

De même, pour sélectionner ses bornes de recharge, il faut s'assurer de l'interopérabilité des systèmes et de la disponibilité des techniciens spécialisés pour leur réparation. Lorsqu'on conçoit le système électrique, il faut s'assurer que celui-ci puisse être réparé rapidement en cas de pannes ou de dysfonctionnement de l'équipement électrique. Sans chargeurs, les autobus électriques ne peuvent pas fonctionner.

Pour finir, en ce qui concerne les logiciels, il faut s'informer sur les coûts de licence mensuelle, qui sont des coûts récurrents, ainsi que de l'accessibilité des données des fournisseurs. Différentes fonctionnalités peuvent être offertes pour optimiser la recharge et déployer les autobus avec les spécifications techniques les plus adaptées aux trajets.

Troisième étape: mettre en place son projet pilote et son intégration progressive

À cette étape, le montage financier doit être complété. La mise en œuvre d'un projet pilote permet aux équipes de tester et de pousser les limites de la technologie pour en comprendre les contraintes, de mettre en place de nouveaux processus organisationnels tout en formant ses employés, et d'adapter sa stratégie d'adoption aux particularités locales (distances, conditions climatiques, types de routes, etc.). Après six à dix mois de la mise en place d'un projet pilote, il est recommandé d'effectuer une analyse de rétroaction pour corriger les problèmes éventuels avant l'introduction des prochains autobus électriques. Le projet pilote doit durer un minimum d'un an pour récolter des données sur l'entièreté des variations saisonnières.

Quatrième étape: adapter les bâtiments et les infrastructures

Lors de cette étape, il faut modifier les infrastructures en prenant en compte de la stratégie d'adoption à long terme. La capacité de l'entrée électrique du bâtiment actuel doit être évaluée, et l'espace nécessaire à l'introduction des bornes de recharge pour chaque véhicule doit être vérifié. Il faut aussi potentiellement repenser le processus de remplissage des autobus diesel, car ceux-ci devront opérer en même temps que les autobus électriques sur le même terrain. Dans certains cas, il faudra aussi repenser les ateliers de maintenance pour les sécuriser et dédier des espaces spécialisés pour les nouveaux véhicules. Il est important de faire appel à des ingénieurs spécialisés dans la reconfiguration de l'infrastructure en particulier, pour valider les plans et devis avant le début des travaux de construction.

Pour éviter que les autobus électriques restent à l'arrêt pendant la réalisation des travaux, il est important de planifier son échéancier afin que les infrastructures soient prêtes à recevoir les autobus avant que ceux-ci soient livrés. Il est estimé que cette étape prenne entre six mois et un an et demi, selon la complexité des travaux à réaliser qui peut varier grandement d'un transporteur à l'autre.

Cinquième étape: la mise en opération

Les infrastructures sont installées et les autobus électriques ont été livrées: il ne reste plus qu'à les tester sur les trajets habituels. Il n'existe pas encore de tests standardisés dans l'industrie pour vérifier la performance des autobus. Il est donc recommandé d'effectuer autant de tests que nécessaires pour que les chauffeurs s'habituent aux nouveaux autobus et à leurs systèmes de recharge. C'est également à cette étape où les équipes vont pouvoir se familiariser avec les logiciels de gestion de la recharge et de visualisation des données en temps réel.

Conclusion

Ce guide détaille les cinq étapes de réalisation nécessaires à l'adoption d'autobus électriques, des contraintes à prendre en compte ainsi qu'un échéancier général. Souvent, au-delà de trois autobus, le processus de transition est complexifié, car il nécessite une nouvelle entrée électrique et des équipements spécialisés pour la distribution. Il existe cependant des solutions techniques adaptées aux besoins de chaque transporteur.

Pour réussir sa transition, il est recommandé de prendre son temps lors de la planification, de monter sa planification financière avec le plus de détails possible, et d'avoir une vision à long terme pour optimiser les coûts. Des experts sont disponibles pour vous aider à entreprendre ces démarches, soit par le biais du service après-vente lors de l'acquisition des véhicules, soit par des firmes externes.

Pourquoi ce guide?



1

1.1 Contexte actuel

Selon un sondage récent, près de 535 000 écoliers se déplacent en transport scolaire matin et soir au Québec, soit près de 60 % des élèves inscrits¹ à l'école. Lorsqu'il est question d'électrifier le transport scolaire, ce chiffre permet de réaliser l'ampleur de l'impact que cette transition aura sur notre société et du nombre de familles québécoises qui pourront en bénéficier.

Depuis le déploiement du premier prototype d'autobus scolaire électrique en 2014 au Québec², un long chemin a été parcouru. Aujourd'hui, plusieurs fabricants offrent une gamme complète d'autobus scolaires électriques et le Québec accueille un écosystème grandissant de firmes offrant des services après-vente et clé en main aux transporteurs. En janvier 2021, 130 autobus électriques étaient en service sur les routes du Québec³ pour une flotte totale de 10 000 autobus.

En présentant son Plan pour une économie verte visant la transformation de 65 % d'autobus scolaires en véhicules zéro émission d'ici 2030, le gouvernement du Québec met l'emphase sur l'électrification. Également, plusieurs programmes de financement ont été mis en place pour soutenir l'adoption progressive des différentes technologies impliquées. Pour atteindre les objectifs gouvernementaux, les transporteurs scolaires du Québec doivent donc agir à l'unisson.

Cette transition présente une opportunité formidable pour les transporteurs québécois d'opérer des véhicules zéro émission et d'ouvrir la voie aux autres opérateurs qui pourront emboîter le pas vers des technologies plus respectueuses de l'environnement.

Il faut cependant reconnaître qu'un autobus électrique est un véhicule très différent de ceux utilisés par les transporteurs scolaires depuis des décennies. Il est essentiel de repenser complètement la planification non seulement du déploiement des véhicules, mais aussi de l'infrastructure et de l'optimisation des trajets pour permettre une utilisation harmonieuse de cette nouvelle technologie aux nombreux avantages. Cette transition peut sembler complexe aux premiers abords, car elle nécessite un modèle d'organisation différent, mais le présent guide propose de démystifier un à un les éléments de cette transition.

Il est de notre avis que la clé de la réussite des projets d'électrification se trouve dans une connaissance des défis à relever et une planification bien définie. Ce guide a pour objectif de présenter toutes les étapes nécessaires pour faciliter sa transition électrique et s'assurer d'optimiser sa démarche de transition.

1 https://legacy.equiterre.org/sites/fichiers/ase_-_analyse_du_sondage_css_-_vf_4_0.pdf

2 <https://www.ivisolutions.ca/realisations/developpement-du-premier-prototype-dautobus-scolaire-electrique-en-amerique-du-nord/>

3 <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/aide-finan/electrification/programme-electrification-transport-scolaire/Pages/programme-electrification-transport-scolaire.aspx#:~:text=Or%2C%20en%20janvier%202021%2C%20on,800%20000%20tonnes%20de%20GES.>

1.2 Bénéfices de l'électrification des autobus scolaires pour les transporteurs

L'électrification des transports est un thème omniprésent dans l'effort de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). Cela est particulièrement vrai au Québec, qui dispose d'une source d'électricité très peu émettrice de GES, soit l'hydroélectricité.

Selon le Ministère des Transports, le potentiel de réduction des émissions de GES d'un autobus scolaire électrique s'élèverait à 23 tonnes de CO₂ annuellement⁴, soit l'équivalent de cinq voitures consommant 2 000 L d'essence par an⁵.

Les GES ne sont pas les seuls impacts négatifs des émissions des autobus diesel. En effet, il a été démontré que les particules fines émises par des autobus plus âgés ont des répercussions négatives sur la santé des personnes à proximité, comme l'augmentation des cas d'asthme et des problèmes cardiovasculaires⁶. En comparaison, les autobus électriques ne produisent pas de particules similaires et ont aussi l'avantage d'être quasi-silencieux, ce qui a un impact positif direct sur les chauffeurs, les enfants ainsi que dans les quartiers résidentiels où ils circulent en réduisant significativement la pollution sonore.

D'autres avantages sociaux notables sont à prendre en compte. La perception du public, des parents, et surtout des enfants qui s'intéressent aux enjeux environnementaux, est importante pour chaque transporteur. Selon un récent sondage réalisé par Équiterre, 65 % des centres de services et commissions scolaires ont une perception positive ou très positive de l'électrification du transport scolaire. En réalisant cette transition, il est possible d'encourager d'autres secteurs des transports à effectuer le virage grâce à des leçons apprises pour tout l'écosystème.

On peut également noter la diminution du bruit pendant les opérations puisque les autobus électriques ont bien moins de composantes amovibles, ce qui entraîne une baisse notable des vibrations. Après un temps d'adaptation à cette nouvelle conduite, certains chauffeurs ont témoigné l'augmentation de la qualité de vie au travail grâce à la diminution du bruit et des vibrations, qui mènent même à des enfants à être plus calmes lors des trajets.

Pour finir, un autre avantage notable est que les leçons apprises lors de l'électrification des transports scolaires faciliteront la transition électrique dans d'autres domaines du transport, ce qui entraînera d'autres répercussions positives pour les réductions de GES.

4 <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/acces-information-renseignements-personnels/documents-reglement-diffusion/demande-acces/Documents/2020/03/DA-2019-2020-00543-prsdaseq-programme-aide.pdf>

5 https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/oeef/pdf/transportation/fuel-efficient-technologies/autosmart_factsheet_6_f.pdf

6 <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1877984/equiterre-bus-scolaire-electrique-reduction-energie-fossile-environnement>

1.3 Utilisateurs de ce guide

Ce guide s'adresse à tout transporteur scolaire qui souhaite comprendre les étapes de réalisation nécessaires à l'électrification de son parc de véhicules ainsi que les options offertes pour répondre aux enjeux techniques et financiers pour l'adoption de ces véhicules. Les transporteurs ayant un parc de véhicules entre **1 et 10 autobus et entre 11 à 50 autobus** trouveront des informations complémentaires et plus détaillées afin de les aider à orienter les prochaines décisions et faciliter la mise en place de l'électrification de leurs garages centralisés. Les solutions de recharge nécessaires lorsqu'un autobus est stationné chez le chauffeur, aussi appelées « recharges rurales » ne sont pas détaillées dans ce guide. Le présent guide est basé sur une analyse impartiale et ne recommande pas spécifiquement de fournisseurs de véhicules et/ou de services, dans l'objectif de soutenir l'ensemble des transporteurs.

1.4 Participants et remerciements

Ce guide a été réalisé avec la précieuse aide de la Fédération des transporteurs par autobus (FTA), en particulier son président-directeur général Luc Lafrance et son comité d'électrification. Nous remercions Caroline Vallée, présidente-directrice générale des autobus Vausco à Lac-Mégantic, Ugo Barrette, directeur des services d'entretien chez Autobus Maheux Itée, ainsi que Stéphane Boisvert, président des Autobus Groupe Séguin, pour leur participation et le partage de leurs expériences liées à l'électrification de leur parc d'autobus scolaires.

L'aide de l'écosystème québécois a également été clé dans l'élaboration de ce guide. Nous remercions les équipes de Cléo, de Girardin, de Lion Électrique et d'Hilo pour avoir communiqué les grandes opportunités du marché et pour leurs explications détaillées de leurs services offerts aux transporteurs pour les guider dans les étapes qui sont revues dans ce guide.

En terminant, la revue des opportunités de financement disponibles à ce jour pour les transporteurs n'aurait pas été possible sans la collaboration de la Banque d'infrastructure du Canada (BIC), du Fonds de solidarité FTQ et du Fonds Climat du Grand Montréal.

L'autobus électrique : un véhicule intimement lié à ses infrastructures

+

2

2.1 L'importance et l'interdépendance de chaque composante dans un projet d'électrification

EN DEUX MOTS *Les véhicules électriques ne peuvent pas être traités comme un système indépendant, car leurs opérations dépendent de leur capacité à être rechargés. Il faut mettre autant d'importance à planifier l'achat des véhicules que l'adoption des bornes de recharge, la reconfiguration des infrastructures et l'utilisation de logiciels spécialisés.*

Lorsqu'il est question d'autobus scolaires électriques, le changement de paradigme le plus important est qu'il faut non seulement considérer le véhicule, mais aussi l'intégration de toute l'infrastructure connexe nécessaire pour sa recharge, son entretien et sa gestion. La Figure 1 représente l'interdépendance de ces trois volets qui doivent être planifiés parallèlement pour assurer le succès d'un projet d'électrification.

D'une part, les véhicules doivent être capables de répondre aux exigences d'autonomie, de sécurité et de puissance pour parcourir les trajets scolaires définis en toutes conditions, c'est-à-dire en été comme en hiver et avec différents dénivellements des trajets.

D'autre part, les bâtiments et les terrains de stationnement doivent être prêts à accueillir ces véhicules qui sont potentiellement plus lourds et qui demandent une attention particulière due aux systèmes électriques de haute puissance.

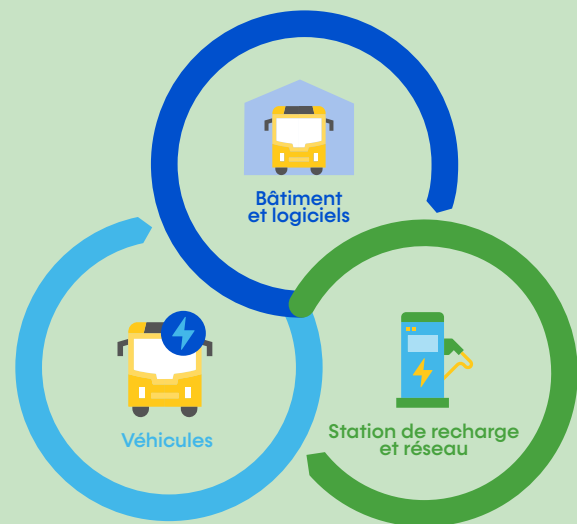


FIGURE 1 • Le succès d'un déploiement d'autobus électrique doit passer par l'acquisition des véhicules adaptés, la reconversion adéquate des bâtiments et l'installation électrique de recharge qui permet de répondre aux exigences opérationnelles

Finalement, les bornes de recharge doivent permettre de recharger les autobus en tenant compte du temps de stationnement limité des autobus la nuit et de la distribution électrique limitée sur la propriété. Ainsi, les chargeurs ne peuvent être ni trop rapides, en raison des contraintes liées à l'entrée électrique du bâtiment, ni trop lents pour s'assurer que les batteries soient entièrement rechargées afin que les autobus puissent compléter leur trajet le lendemain. Le déploiement de logiciels de gestion intelligente de la recharge permettra aux transporteurs d'accéder instantanément au statut de charge de chaque autobus, d'être alertés en cas de problèmes et surtout de gérer la demande électrique de pointe afin de minimiser les coûts d'électricité (voir section 3.4.3 pour plus de détails sur ce sujet).

Les prochaines sections définissent les notions importantes pour comprendre les bases de chacune de ces trois catégories.

2.2 Caractéristiques des autobus électriques

EN DEUX MOTS *Les autobus scolaires électriques utilisent un groupe motopropulseur électrique, qui utilise l'électricité stockée dans les batteries pour être propulsé. Une partie de l'énergie peut être récupérée lors du freinage. L'autonomie du véhicule dépend de plusieurs facteurs externes, tels que la température, le nombre de passagers, le conducteur, l'utilisation du chauffage électrique, etc.*

2.2.1 Composantes du groupe motopropulseur

Un autobus électrique c'est un autobus qui fonctionne grâce à de l'électricité stockée à bord du véhicule. Il est propulsé par un moteur électrique, lui-même alimenté par des batteries. La batterie est une composante électrochimique qui se décharge lorsque l'autobus est en opération et qui se recharge lorsque l'autobus est connecté au chargeur.

Aujourd'hui, la plupart des batteries sont constituées de lithium, qui assume le rôle de vecteur énergétique lors de la recharge et de la décharge. Ces batteries sont répandues et appréciées sur le marché grâce à leur stabilité, leur densité énergétique et leur durabilité. Les batteries sont en constante évolution et deviennent de plus en plus denses chaque année, c'est-à-dire qu'une quantité plus importante d'énergie peut être stockée pour le même poids (Wh/kg). Les batteries lithium d'aujourd'hui ont une densité pouvant atteindre 150 Wh/kg. Il est probable que d'autres chimies permettant d'atteindre des niveaux de performances plus élevées voient le jour dans les prochaines années, comme les batteries solides, qui promettent d'atteindre une densité jusqu'à trois fois supérieures aux batteries actuelles.

Pour mieux comprendre les unités : la capacité de stockage d'énergie d'une batterie est exprimée en kWh ou Wh/kg. La consommation énergétique d'un véhicule électrique est exprimée en kWh/km, l'équivalent du L/100 km pour les autobus diesel.

+ L'autobus électrique

Pour comprendre le fonctionnement d'un autobus électrique, il est intéressant de revoir les différentes composantes qui constituent le groupe motopropulseur. Tout d'abord, le moteur électrique permet à la fois d'actionner le système de transmission automatique, mais peut aussi agir à titre de générateur lors du freinage régénératif. Le freinage régénératif est activé lorsque le conducteur cesse d'accélérer et peut être optimisé avec une conduite d'anticipation.

Les batteries sont assemblées sous forme de modules qui comportent des systèmes de gestion thermique pour maintenir une température idéale, ainsi qu'une multitude de capteurs qui donnent de l'information au système de gestion de la batterie. De plus, plusieurs convertisseurs sont requis puisque les composantes n'opèrent pas toutes au même niveau de puissance. Un système de contrôle global du véhicule permet de coordonner la réponse du véhicule en fonction des choix du chauffeur. Ces éléments sont représentés dans la Figure 2.

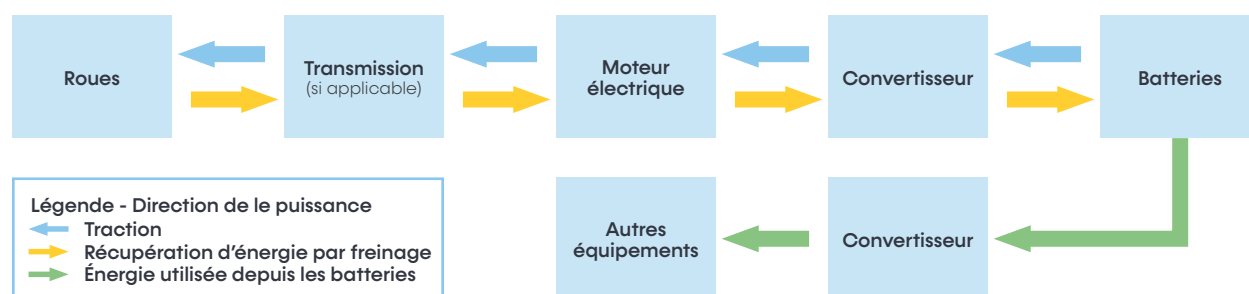


FIGURE 2 • Schéma des éléments d'un groupe motopropulseur d'un autobus électrique

L'autonomie des batteries est fortement influencée par les longueurs des trajets, le type de conduite, les conditions externes telles que la température et le nombre d'arrêts ainsi que du nombre de passagers. Les fabricants d'autobus scolaires annoncent aujourd'hui des autonomies entre 120 et 250 km selon la taille de la batterie installée et du modèle d'autobus, ce qui correspond à une consommation énergétique entre 0,8 et 0,9 kWh/km⁷ dans des conditions régulières.

7 https://legacy.equiterre.org/sites/fichiers/fiche_autonomie_en.pdf

2.2.2 L'autobus électrique scolaire en hiver

EN DEUX MOTS *Au Québec, les autobus scolaires électriques sont aujourd'hui équipés de chauffage au diesel pour assurer une autonomie convenable même en hiver. La consommation du chauffage auxiliaire permet tout de même une réduction importante de la consommation de diesel en hiver.*

En hiver, un rapport de Tok Transportation en Alaska⁸ rapporte une consommation électrique de 2,1 kWh/km pour une journée particulièrement froide à -40°C, qui est une condition observée aussi au Québec, même si plutôt rare dans la plupart des municipalités.

Pour maximiser l'autonomie des batteries en hiver, certains autobus électriques scolaires sont aujourd'hui équipés de chauffages auxiliaires au diesel. Cette caractéristique est importante, car elle affecte les coûts d'exploitation et le pourcentage de réduction d'émission possible. Bien que peu de données soient disponibles aujourd'hui à ce sujet, les chauffages auxiliaires pour les autobus utilisent entre 1,5L et 3L de diesel par heure d'opération. De plus, l'échappement de ces chauffages d'appoint n'a pas le même degré de filtration de particules que dans un autobus diesel, ce qui émet plus de particules fines.

Bien que cette réalité soit à prendre en compte aujourd'hui, les réductions d'émission des autobus électriques sont élevées même en hiver. En assumant une distance moyenne de 150 km et une consommation de 25L/100 km, un autobus diesel consommera 37,5L par jour. En assumant cinq heures de service, un autobus électrique consommera entre 7,5L et 15L par jour au maximum, soit une réduction de 60% minimum pour tous les mois d'hiver. D'autres technologies de chauffage 100% électrique sont en cours de développement, telles que les pompes thermiques qui sont plus efficaces que les chauffages par résistance. De plus, l'augmentation constante de la capacité des batteries pourrait résoudre les problèmes liés à leur autonomie lors de l'utilisation du chauffage électrique et donc permettre une électrification complète.

La grande majorité des autobus scolaires au Québec sont stationnés à l'extérieur durant la nuit. Lorsque les températures diminuent en hiver, il est important de s'assurer que les autobus aient accès à une borne de recharge pour maintenir une température minimale du système lors de l'arrêt. De plus il est possible de lancer le chauffage à une heure déterminée ou optimisée par un logiciel pendant que l'autobus reste connecté au chargeur pour ne pas utiliser l'énergie des batteries, puisqu'il faut plus d'énergie pour chauffer le véhicule que pour le maintenir à température ambiante.

8 <https://electrek.co/2021/11/19/heres-how-alaskas-only-electric-school-bus-is-performing-in-temps-as-low-as-40f/>

L'autobus électrique

2.2.3 Maintenance et dégradation des batteries

EN DEUX MOTS *La maintenance générale d'un autobus électrique reste la même. Ce qui change, c'est la maintenance spécifique au groupe motopropulseur et aux connecteurs électriques. La maintenance lourde ne peut pas être effectuée à l'interne et doit être réalisée par le fabricant pour des raisons de sécurité.*

La plupart des éléments de maintenance préventive et corrective générale des véhicules électriques liés au châssis et à l'enveloppe du véhicule resteront les mêmes que pour les autobus au diesel. La grosse différence se trouve sous le capot et est liée aux nouveaux composants, notamment les batteries et le système de haute tension incluant les convertisseurs et les onduleurs.

De façon générale, un véhicule électrique demande beaucoup moins d'étapes de maintenance qu'un véhicule thermique. En effet, les changements et le remplissage de liquides spécialisés sont presque éliminés puisqu'on favorise une opération plus électrique que mécanique et donc le nombre de pièces en mouvement est grandement diminué. Toute la maintenance liée au moteur à combustion est éliminée. Grâce au freinage régénératif, il est également possible que l'usure des freins soit réduite, ce qui augmenterait leur durée de vie de 20 %.

2.2.3.1 Entretien spécialisé

Certains modèles d'autobus électriques requièrent l'équilibrage fréquent des batteries pour l'opération, ce qui implique de manipuler des équipements de haute tension et de la formation spécialisée. De plus, le phénomène de dégradation des batteries implique qu'il faut remplacer la batterie pendant la vie du véhicule. Peu de données opérationnelles sont disponibles aujourd'hui sur le phénomène de dégradation, mais on estime de 1,5 à 2 % de perte de la capacité totale de la batterie par année d'opération. Ainsi, si une batterie a une capacité accessible totale de 200 kWh durant la première année, la capacité sera de 196 kWh lors de la seconde année.

Les modes d'utilisation qui accentuent le plus la dégradation des batteries sont la surcharge et l'utilisation prolongée de la batterie la déchargeant à moins de 20 % d'énergie stockée, deux phénomènes qui peuvent être évités grâce à une gestion soutenue par des logiciels spécialisés. En fin de vie, les batteries peuvent être recyclées ou réutilisées pour d'autres applications de seconde vie. Les fabricants d'autobus scolaires proposent aujourd'hui des contrats spécialisés pour prendre en charge les batteries afin de les recycler.

Les outils nécessaires à la maintenance des véhicules électriques sont différents, car il faudra prévoir des ordinateurs portables pour résoudre des problèmes techniques, des équipements de test et diagnostics spécialisés et des équipements protecteurs particuliers pour travailler autour d'appareillage à haute tension.

En cas de pannes lors du service, le remorquage des véhicules électriques doit se faire de préférence sur une plateforme pour limiter les dommages au groupe motopropulseur.

Les nombreuses données collectées dans les flottes d'autobus électriques vont permettre l'adoption de processus de gestion de la maintenance prédictive. Ce type de maintenance consiste à exploiter les données de maintenance préventive et corrective pour prédire la durée de vie de chaque composante et pour prédire les besoins de maintenance afin de maximiser la durée de vie des équipements. Ceci peut s'appliquer aussi bien sur les véhicules que sur leurs infrastructures.

2.2.4 Conduite

EN DEUX MOTS *Avec de la pratique, les chauffeurs s'adaptent vite au nouveau style de conduite des véhicules.*

Un autobus électrique réagit différemment aux commandes du conducteur qu'un modèle diesel standard. En effet, l'accélération de ces véhicules est presque instantanée puisque les moteurs électriques réagissent rapidement et permettent de produire un couple élevé. De plus, le freinage régénératif, dont l'intensité peut généralement être réglée selon les préférences, peut introduire une conduite saccadée de décélérations qui peut demander une adaptation de la conduite aux premiers abords. Bien qu'il y ait un temps d'acclimatation pour conduire cette nouvelle technologie, des formations spécialisées et une pratique de conduite régulière permettent une adaptation rapide, et une conduite fluide peut être atteinte rapidement.

2.2.5 Collectes de données en temps réel

EN DEUX MOTS *Les véhicules électriques offrent la possibilité de collecter des données en temps réel qui permet d'en apprendre plus sur l'efficacité énergétique des véhicules et d'en optimiser les opérations.*

L'une des nouveautés que permettent les autobus électriques, qui contiennent de nombreux capteurs et qui peuvent communiquer avec leurs infrastructures, est la collecte de données de performance en temps réel, aussi appelé la télémétrie.

Il est possible de collecter une multitude d'informations facilitant la gestion opérationnelle. Par exemple, il est possible de savoir :

- la localisation exacte de son véhicule en tout temps ;
- le niveau de charge des batteries ;
- les problèmes rencontrés à distance ;
- la consommation énergétique de l'autobus ;
- la durée de vie des composantes du véhicule pour prédire les éléments de maintenance.

Ces données peuvent être utilisées pour guider des choix opérationnels, mesurer l'impact des températures externes sur l'efficacité des autobus et guider l'acquisition des prochains modèles d'autobus pour des modèles plus à même de répondre aux enjeux opérationnels locaux.

2.2.6 Coûts d'acquisition et d'exploitation

EN DEUX MOTS *Les coûts d'acquisition et d'exploitation des véhicules sont difficiles à estimer, car ils dépendent de plusieurs facteurs décisionnels, tels que la taille de la batterie, la demande de pointe de la flotte, etc. Cette section présente une revue succincte des fourchettes de prix connues.*

Il est difficile de donner un coût fixe par autobus, car celui-ci dépend des options de services après-vente, de la capacité totale de la batterie, du modèle d'autobus ainsi que des clauses de garanties spécifiées pour les composants principaux des véhicules, en particulier pour la durée de vie des batteries.

Deux études, l'une menée par Équiterre et Dunsky en 2019⁹ et l'autre menée par Raymond Chabot en 2021¹⁰, établissent une fourchette de prix d'acquisition entre 305 000 \$ et 310 000 \$ pour un autobus scolaire électrique de type C d'une autonomie de 150 km, soit plus de 2,3 à 2,8 fois le coût d'acquisition d'un autobus équivalent au diesel. Une récente étude de marché effectuée par l'un des transporteurs interrogés indique que ce coût peut monter jusqu'à 370 000 \$. Plusieurs subventions sont disponibles sur le marché afin de réduire cet écart de coûts. Elles sont présentées dans la section 4.3. Le coût d'acquisition d'un véhicule avec une autonomie de 200 km est cependant plus élevé et peut atteindre 350 000 \$. Cette différence n'est pas couverte par la subvention.

Pour ce qui est des coûts d'opération, plus le coût de l'essence augmente, plus on réalise des économies. Une étude commanditée par la FTA démontre que le coût total pour l'électricité et le chauffage d'un autobus électrique s'élève à 3 700 \$ par an, comparé à 6 900 \$ par an par autobus diesel^{11,12}. Ce coût varie en fonction du kilométrage, de la demande électrique de pointe ainsi que d'autres facteurs externes et doit donc être traité comme une indication. Chaque transporteur doit donc réaliser sa propre analyse de coûts.

Lors des entretiens réalisés pour élaborer ce guide, un des commentaires reçus est que la prime des assurances du bâtiment risque de coûter plus cher si les véhicules électriques sont stationnés à l'intérieur du garage dans la zone de maintenance pendant une longue période, car cela augmente la prime du risque d'incendie, ce qui est à prendre en compte dans l'analyse totale des coûts.

9 https://legacy.equiterre.org/sites/fichiers/rapport_autobus_1.pdf

10 https://www.federationautobus.com/uploads/documents/files/EnvoisFTA2022/Com_Rapport%20-%20Analyse%20de%20l'impact%20de%20l'%C3%A9lectrification%20mai.pdf

11 https://www.federationautobus.com/uploads/documents/files/EnvoisFTA2022/Com_Rapport%20-%20Analyse%20de%20l'impact%20de%20l'%C3%A9lectrification%20mai.pdf

12 Cette analyse ne prends pas en compte le coût de la demande de pointe (\$/kW) ni les frais mensuel d'électricité. De plus cette analyse assume que le coût de l'essence est à 1\$/L alors qu'il est presque à 2\$/L au moment de la rédaction du rapport.

2.3 Revue des modèles de bornes de recharge et logiciels offerts sur le marché

2.3.1 Revue des différentes options de recharge

EN DEUX MOTS Deux options principales sont offertes aux transporteurs pour la recharge : la recharge dite « lente » de niveau 2 et la recharge dite « rapide » de niveau 3. Les caractéristiques principales des deux options sont définies dans cette section.

Il est important de comprendre les options des bornes de recharge disponibles sur le marché et comment chaque option répond le mieux aux besoins opérationnels du parc de véhicules. Les options de recharge sont catégorisées en fonction de la puissance fournie par le chargeur et du type de courant.

Pour une puissance allant jusqu'à 19,5 kW fonctionnant sur le 240 V, il s'agit d'un chargeur de niveau 2 utilisant du courant alternatif (CA). Un exemple de chargeur de ce type est indiqué dans la Figure 3. Pour les chargeurs fournissant au-delà de 19,5 kW et jusqu'à 50 kW maximum, il s'agit de chargeurs rapides de niveau 3 fonctionnant sur du courant continu (CC).



FIGURE 3 • Autobus électriques Lion rechargés par des bornes de recharge de niveau 2

+ L'autobus électrique

Les connecteurs de niveau 2 reliant l'autobus aux chargeurs sont aujourd'hui standardisés par la Society of Automotive Engineer J1772. Ainsi, n'importe quel modèle de chargeur de niveau 2 suivant le standard doit pouvoir fonctionner avec n'importe quel modèle d'autobus électrique. Les modèles sont dits «interopérables». Ce type de chargeur peut être installé sur un piédestal ou directement sur un mur. La maintenance requise de ces bornes est minimale. Il faut s'assurer que le câble, qui relie le véhicule et le chargeur, ne traîne pas au sol afin de minimiser l'abrasion de ce dernier. Par temps froid, le câble peut être très rigide et difficile à manipuler, ce qui peut entraîner une cassure plus rapide du connecteur.

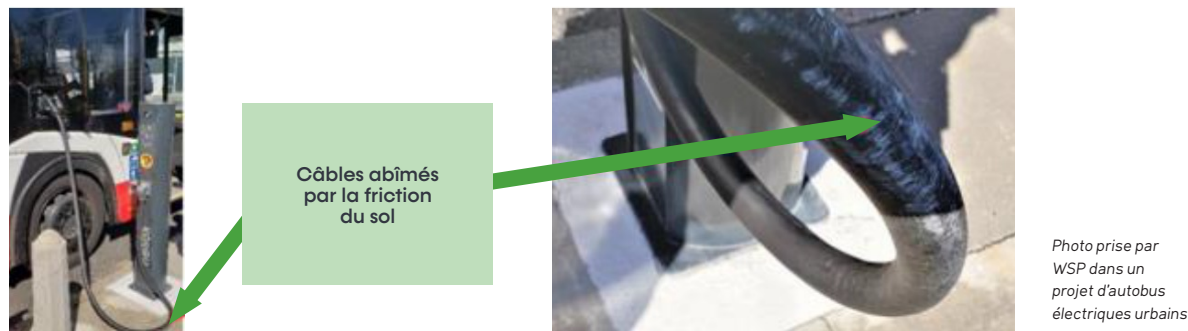


FIGURE 4 • Câbles usés sur une borne de station de recharge de niveau 3

Les modèles de recharge de niveau 3, quant à eux, sont standardisés par un type de connexion appelé «Combined Charging System (CCS)» et doivent être installés en prévoyant suffisamment d'espace pour assurer la sécurité et faciliter les processus de maintenance. La maintenance sur ce type de borne est plus importante. Il faut prévoir des changements de filtres à air, une vérification fréquente pour s'assurer du bon fonctionnement du système de refroidissement ainsi que la protection des câbles pour limiter leurs frottements au sol (voir Figure 4).

Il est à noter que certains modèles d'autobus électriques sont seulement compatibles avec une recharge de niveau 2 ou 3, alors que d'autres sont compatibles avec les deux types de recharge. Ce critère doit faire partie de l'examen des spécifications techniques lors du choix du véhicule comme discuté dans la section 5.2.

2.3.2 Choix des options adaptées aux besoins

EN DEUX MOTS *La majorité des transporteurs au Québec n'auront besoin que de la recharge de niveau 2 pour leurs opérations, car ils pourront recharger de nuit. Les deux options de recharge sont comparées dans cette section.*

Le temps de charge total pour un autobus dépend fortement de la capacité de la batterie installée. Pour une batterie de 150 kWh d'une autonomie approximative de 150 km, le temps de recharge avec un chargeur de niveau 2 sera d'approximativement 7 à 8 heures. Dans un sondage réalisé récemment auprès des transporteurs du Québec, plus de 83% des répondants indiquaient un parcours journalier de moins de 150 km ainsi qu'un arrêt complet de nuit, ce qui permettrait de recharger les autobus électriques après leurs tournées du soir¹³. De plus, la grande majorité des répondants indiquaient que les autobus scolaires roulaient en moyenne cinq heures par jour sur deux tournées journalières, soit le matin et le soir. Ainsi, les chargeurs de niveau 2 pourraient convenir aux besoins énergétiques de la grande majorité des routes scolaires planifiées au Québec.

Il existe cependant des exceptions aux types d'opérations énoncées plus haut. Certains transporteurs doivent parcourir des trajets supérieurs à 200 km par jour avec peu de temps de recharge de nuit. De même, certains autobus sont parfois stationnés chez les conducteurs avant d'être redéployés le lendemain. Dans ces cas, une planification et des modes d'opérations spécifiques devront être évalués. Ces points seront discutés plus en détail dans la section 4.1. Pour certains cas particuliers, une recharge rapide en milieu de journée avec un chargeur de niveau 3 pourrait être envisagée pour plus de redondance; c'est-à-dire pour répondre à un besoin en cas d'urgence. De même, les chargeurs de niveau 3 pourraient être économiquement plus viables dans certains cas, car ils permettent de recharger plusieurs autobus par jour, comparativement à une borne de niveau 2 qui devra être dédiée pour chaque autobus.

Le tableau ci-dessous présente un comparatif des deux options de recharge privilégiées pour le transport scolaire électrique. Chaque transporteur aura une stratégie d'électrification différente selon ses besoins. La majorité des petits et moyens transporteurs n'auront probablement besoin que de bornes de recharge de niveau 2. Pour les autres, ils auront besoin d'une stratégie mixte avec les deux niveaux de recharge pour maintenir leur service.

13 https://legacy.equiterre.org/sites/fichiers/ase_-_analyse_du_sondage_transporteurs_-_vf_v4.pdf

L'autobus électrique

TABLEAU 1 Comparatif des différentes solutions de recharge

Caractéristique	Niveau 2	Niveau 3
Conversion de puissance	Courant alternatif	Courant continu
Puissance	Jusqu'à 19.5 kW sur du 240 V	Jusqu'à 50 kW et plus
Type de connexion	J1772	CCS – Type 1
Dimensions pour le fabricant le plus large (pouces)	13.7x19xH:95,5	46,3x17,4xH:88,2
Durée de vie moyenne	10 ans	10 ans ¹⁴
Usage	Recharge longue (7 à 8 heures), idéale lorsque l'autobus est stationné à la même place toute la nuit	Recharge rapide de 2 à 3 heures, idéale dans les situations où l'autobus n'a que peu de temps de recharge de disponible ou parcours de longs trajets (>150 km)
Coûts d'acquisition du matériel	Entre 5 000 \$ et 7 000 \$ en fonction de la complexité de l'équipement (garanties, communications, etc.)	Entre 12 000 \$ et 35 000 \$ en fonction de la complexité de l'équipement
Coût de maintenance par an	Jusqu'à 500 \$/chargeur ¹⁵	Jusqu'à 3 000 \$/chargeur
Coût de logiciel de gestion de la recharge (estimation)	Jusqu'à 100 \$/chargeur	Jusqu'à 500 \$/chargeur
Coût d'installation	Varie en fonction de la localisation par rapport aux transformateurs d'Hydro-Québec, de la capacité de l'entrée électrique, de la distribution électrique et du nombre de chargeurs qui doivent fonctionner simultanément.	

Il est à noter que le coût d'acquisition de l'équipement n'est qu'une partie du coût total. En effet, selon l'entrée électrique et la capacité électrique du site, il faut prévoir un raccordement additionnel avec le réseau électrique, une mise à jour de la distribution électrique, parfois même une reconversion de l'atelier de maintenance pour la mise à norme de la sécurité incendie et le soulèvement du véhicule qui a un poids plus élevé. Ces coûts ne doivent pas non plus être minimisés ou généralisés, car ils dépendent fortement de l'infrastructure déjà en place et pourraient constituer une partie non négligeable de la facture totale. Une analyse détaillée des coûts doit être effectuée. Ces étapes sont détaillées à la section 5.1.

¹⁴ Estimé

¹⁵ https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_infrastructure_maintenance_and_operation.html

2.4 Impact de l'électrification sur les bâtiments

2.4.1 Entrée électrique et distribution électrique

EN DEUX MOTS *Pour adopter plus de trois véhicules électriques, il sera généralement nécessaire de revoir l'entrée électrique du bâtiment et de conceptualiser un nouveau système de distribution électrique pour alimenter les chargeurs.*

Lorsqu'il est question d'électrifier le parc d'autobus scolaires, il faut considérer l'ensemble de l'infrastructure nécessaire au fonctionnement du véhicule, depuis la connexion Hydro-Québec jusqu'à la borne de recharge et la reconversion des ateliers de maintenance.

Si l'entrée électrique du bâtiment n'est pas suffisante, il faut ajouter une nouvelle entrée électrique dédiée sur un deuxième compteur indépendant. Généralement, une deuxième entrée est requise pour une flotte de plus de trois autobus électriques, car chaque chargeur requiert environ 100 ampères.

Pour permettre d'alimenter plusieurs chargeurs à la fois en minimisant la perte d'espace dans le garage existant, plusieurs fournisseurs ont développé un système de conteneur tel que présenté à la Figure 5. Ces conteneurs contiennent les transformateurs et les dispositifs de commutation nécessaires pour amener la puissance requise jusqu'aux chargeurs.



FIGURE 5 • Installation par Cléo d'un conteneur pour Autobus Groupe Séguin pouvant alimenter jusqu'à 12 bornes de recharge, 260 kW

L'autobus électrique

Comme démontré sur cette photo, un conteneur capable d'alimenter jusqu'à 12 bornes de recharge prend entre une et deux places de stationnement d'autobus. Lorsque ce type de solution est envisagée, il est important de s'assurer que l'emplacement choisi pour le conteneur prendra en compte les requis de distance de câblage entre le conteneur et les chargeurs, ce qui ajoute une contrainte supplémentaire. Ces conteneurs sont pratiques, car ils permettent de limiter les modifications à faire aux bâtiments et concentrent tous les équipements électriques au même endroit. L'installation de ces systèmes nécessite parfois l'obtention d'un permis approuvé par la municipalité afin de respecter les règles locales d'urbanisme.

Une autre solution développée par Girardin Énergie est un réceptacle électrique modulaire qui comprend un cabinet de mesure, de distribution, l'appareillage de commutation et un transformateur. Ce système peut être utilisé pour différentes tailles de flottes.

2.4.2 Reconversion du bâtiment

EN DEUX MOTS *Les modifications du bâtiment doivent suivre les codes du bâtiment et les normes d'incendie en vigueur. Il est recommandé de faire appel à des ingénieurs spécialisés pour identifier les modifications à effectuer sur le site et produire des plans. Il faut aussi revoir la disposition de l'espace pour s'assurer qu'elle soit compatible avec l'utilisation de la technologie électrique et diesel en même temps.*

Chaque transporteur opère une flotte de véhicules à partir de sites et de bâtiments qui lui sont propres. Chaque site possède des caractéristiques différentes. Pour certains petits transporteurs, la maintenance est effectuée chez un garagiste spécialisé. Pour d'autres, elle est effectuée sur le site dans un garage ou un atelier spécialisé qui nécessite des modifications.

Pour étudier l'impact de l'électrification sur les bâtiments, il est utile d'analyser ce qui a été implanté pour les garages des autobus urbains qui opèrent déjà des autobus électriques. L'aspect de la sécurité est l'élément le plus important à prendre en considération, en particulier lorsque plusieurs autobus électriques sont maintenus côte à côte. Bien que les probabilités qu'un tel incident se produise soient faibles, les incendies causés par les batteries sont plus difficiles à contenir. Ainsi, il importe de mettre en place les mesures de sécurité nécessaires afin de protéger les équipements du bâtiment en cas d'incendie. Il existe plusieurs solutions.

Le Code du bâtiment de la Régie du bâtiment du Québec n'inclut pas encore de normes spécialisées à ce sujet. Il faut donc se tourner vers des codes du bâtiment américain, tels que le NFPA 855, utilisé pour des installations de batteries stationnaires qui préconisent un système de détection de fumée et de chaleurs pointues ainsi que des extincteurs capables d'éteindre des feux de batteries à proximité en plus d'un système d'extinction à jet. En cas d'accident, les pompiers devront utiliser du matériel spécialisé et devront donc avoir été prévenus du risque d'incendie des batteries.

D'autres modifications de l'atelier, d'ampleur plus limitée, sont à prévoir. Le système de distribution électrique des chargeurs sera généralement indépendant du système de distribution électrique principal du bâtiment. Cependant, il pourrait être intéressant de considérer l'ajout d'un chargeur de niveau 2 dans la zone de maintenance afin de faciliter les tests sur les véhicules.

Il faudra également réévaluer l'organisation de l'espace pour la distribution du carburant, car tout produit inflammable doit être conservé à une distance minimale de sécurité des chargeurs, ce qui peut avoir un impact sur les opérations actuelles et sur la façon dont le reste des autobus non électriques font le plein de carburant.

Les autobus électriques d'aujourd'hui sont plus lourds que les autobus diesel, il faut donc vérifier l'impact sur les dalles de béton du plancher et sur l'équipement de vérins permettant de soulever les autobus. Il est possible qu'à long terme, une modification de la dalle au sol soit requise pour minimiser sa dégradation.

Il faudra aussi prévoir un espace réservé pour l'utilisation des outils spécialisés pour la réparation des autobus électriques. Tous ces éléments vont varier d'un bâtiment à un autre, mais doivent être pris en compte dans la réalisation globale d'un projet de transition pour s'assurer que toutes les infrastructures soient prêtes à accueillir la nouvelle technologie et que les deux technologies (diesel et électrique) puissent être opérées simultanément.

2.4.3 Logiciels de gestion de la recharge

EN DEUX MOTS *Les logiciels de gestion de la recharge sont recommandés à partir d'un parc de trois véhicules et permettent de minimiser la demande de pointe en contrôlant chaque chargeur. Cela permet des économies de coûts sur la facture d'électricité.*

Un logiciel de gestion de recharge permet de contrôler la recharge du parc de véhicules électriques en temps réel et de manière automatique, ainsi que de minimiser le nombre de véhicules chargeant simultanément pour diminuer les coûts d'électricité.

Au Québec, deux composantes constituent la facture d'électricité : la première est la quantité d'énergie utilisée, soit le nombre de kWh consommés sur une période d'un mois, et la deuxième est axée sur la demande de pointe (\$/kW). Pour les utilisateurs ayant besoin d'une quantité de puissance supérieure à 50 kW, ce qui est le cas si plus de trois chargeurs de niveau 2 sont utilisés simultanément, la deuxième composante est ajoutée au tarif mensuel d'électricité.

Il est possible de réduire les coûts fixes d'électricité de pointe en planifiant, à l'aide de logiciels spécialisés, les meilleures périodes de recharge. À titre d'exemple, s'il faut huit heures pour charger les autobus, mais qu'ils sont à l'arrêt dans leurs stationnements pendant 12 heures, il est possible d'utiliser les quatre heures d'arrêt supplémentaires pour distribuer la charge et minimiser la demande de puissance de pointe. Cet exemple est illustré dans la Figure 6. Ce contrôle est effectué de manière automatique à l'aide d'un logiciel de gestion de recharge. Celui-ci peut facilement communiquer avec une plateforme infonuagique permettant de visualiser en tout temps l'état de charge de chaque autobus et d'activer un système d'alerte en cas de malfonctionnement. Il est important que ce logiciel soit compatible avec les bornes de recharge de tous les fabricants choisis.

Ce type de logiciels n'est pas obligatoire pour des intégrations à petites échelles, soit moins de cinq autobus, mais doit être envisagé pour faciliter les opérations et minimiser les coûts à plus grande échelle. Il peut cependant apporter des avantages même à plus petite échelle, surtout en hiver, pour optimiser le démarrage du chauffage pendant la nuit en cascade entre chaque autobus pour réduire les factures d'électricité.

+ L'autobus électrique

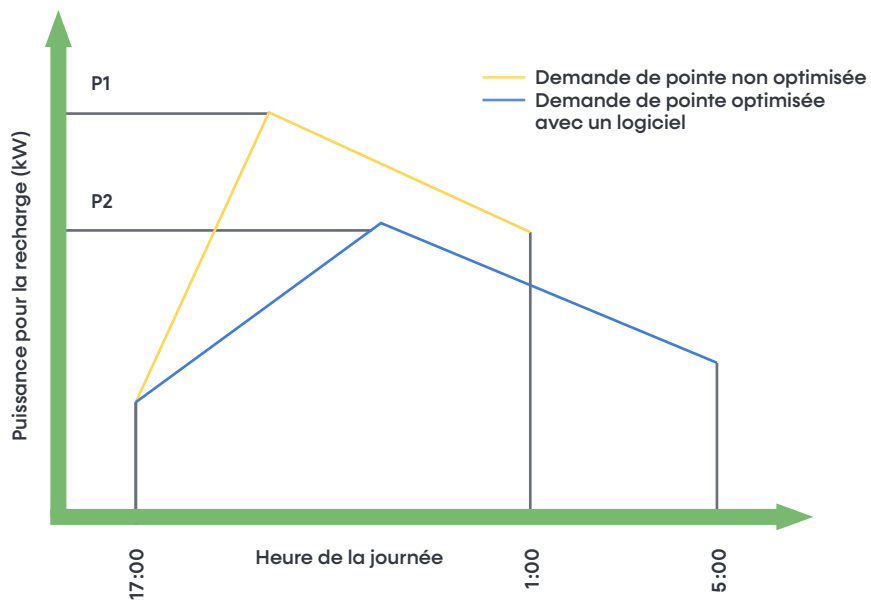


FIGURE 6 • Illustration de la réduction de la demande de pointe effectuée par un logiciel de gestion de recharge. La demande de pointe P1 est plus élevée que P2 et donc les coûts d'électricité seront plus élevés.



Services offerts et financements pour faciliter la transition

Cette section a pour objectif de présenter l'écosystème québécois en matière d'offres de service et les différents choix qui s'offrent aux transporteurs pour la transition de leur parc d'autobus scolaires.

3.1 Fabricants et constructeurs

EN DEUX MOTS *L'offre des autobus électriques scolaires est en augmentation en Amérique du Nord, mais seuls deux fabricants sont aujourd'hui admissibles aux subventions québécoises. De nombreux fabricants de bornes de recharge de niveau 2 sont disponibles et éligibles pour les subventions. Une liste non exhaustive est présentée dans cette section.*

Il existe plusieurs fabricants ou revendeurs d'autobus scolaires électriques au Canada. Au Québec, quelques modèles de deux fabricants locaux sont admissibles à des subventions en vertu du Programme d'électrification du transport scolaire du gouvernement du Québec.

Selon le fabricant et le type d'autobus scolaires, la charge de la batterie va de 78 kWh à 210 kWh et l'adaptabilité à une borne de recharge peut être de niveau 2 ou 3. La liste ci-dessous indique les fabricants d'autobus scolaires au Canada et ceux étant admissibles à une aide financière de la part du gouvernement du Québec.

TABLEAU 2 Liste des fabricants et des modèles d'autobus scolaires électriques en Amérique du Nord et leur accessibilité à de l'aide financière au Québec

Fabricant	Modèles	Aide financière
Girardin Blue Bird Drummondville, QC	Micro Bird G5e Vision C TX4 D	Oui
Green Power Motor Company Vancouver, BC	BEAST	Non
IC Bus Illinois, É-U	CE Series	Non
Lion Électrique Co. Saint-Jérôme, QC	Lion A Lion C Lion D	Oui
Thomas Built Buses Caroline du Nord, É-U	C2 Jouley	Non

Note: Cette liste a été mise à jour le 1^{er} mai 2022. En vertu du programme d'aide, d'autres fabricants pourraient proposer des véhicules électriques à être ajoutés aux fins d'aide financière.

+ Services offerts et financements

Pour les bornes électriques, le marché est vaste et composé de plusieurs grands joueurs, dont ceux listés dans le tableau ci-dessous* :



* Cette liste est non-exhaustive

Les bornes de recharge fonctionnent à l'aide d'un logiciel afin de gérer de façon optimale la quantité d'énergie nécessaire et les périodes de recharge requises. Ces logiciels sont fournis par les fournisseurs de véhicules, de bornes, ou de système de recharge. Un tel système permet une surveillance à distance des recharges, la réception d'alertes en cas de problème de recharge et une collecte de données de recharge afin d'optimiser les cycles de recharge des véhicules et d'éviter des pointes de puissance électrique plus coûteuses pour les opérateurs de flottes d'autobus électriques. Il est à noter que les aspects des télécommunications et de la cybersécurité doivent être considérés lors de la planification du déploiement des bornes de recharge afin d'assurer un lien de communication stable entre les chargeurs et le système de gestion de la recharge. À l'aide de ces systèmes, les clients pourront donc rapidement prendre les mesures nécessaires afin d'éviter des retards et des bris de service.

3.2 Services après-vente et accompagnement

EN DEUX MOTS *Les services d'accompagnement et après-vente se sont développés au cours des dernières années pour offrir aux transporteurs du soutien à toutes les étapes de la transition : de la planification, à la demande de subvention et de permis, en passant par la sélection d'électriciens spécialisés et l'installation des équipements électriques, les transporteurs peuvent choisir des services clés en main ou « à la carte ».*

3.2.1 Services après-vente après achat des véhicules

Afin de faciliter la transition vers les autobus électriques, la plupart des fabricants offrent un accompagnement dans l'implantation de l'infrastructure de recharge nécessaire aux autobus électriques. Ces services peuvent inclure la sélection des bornes de recharge à partir d'une présélection de bornes compatibles avec leurs véhicules. Ils peuvent aussi inclure la planification et l'installation de l'ensemble de l'infrastructure de recharge. En utilisant ces services, les transporteurs obtiennent une solution qui assurera une intercompatibilité entre les autobus et l'infrastructure de recharge, ce qui permet de réduire les risques technologiques liés avec la transition de l'électrification. Ces services incluent également la demande de permis de construction auprès de la Ville et les négociations avec les différentes parties prenantes.

Une fois les autobus livrés, la plupart des fabricants offrent aussi différents services afin de permettre à leurs clients de tirer avantage des nouveaux éléments technologiques des véhicules électriques. Que ce soit avec la formation des chauffeurs et des électromécaniciens, les équipes dans les centres de services affiliés ou les systèmes de télémétrie, les transporteurs peuvent bénéficier de ces différents services pour assurer le maintien des véhicules. Plus de détails sur ces éléments se retrouvent à la section 4.5.

À titre d'exemple, Girardin Énergie offre des services de visualisation en 3D et de conception électrique pour mieux comprendre les concepts proposés (voir Figure 7).

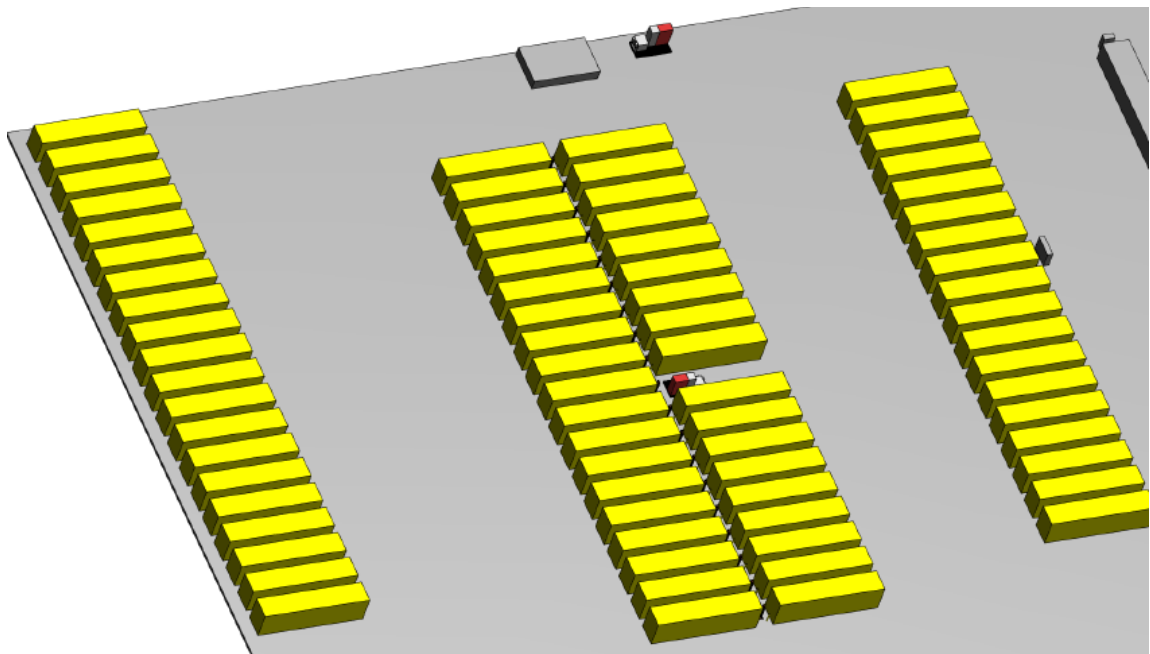


FIGURE 7 • Visualisation 3D représentant le système de recharge dans un stationnement, image partagée par Girardin Énergie

3.2.2 Autres services d'accompagnement

Les transporteurs peuvent aussi faire appel aux services de firmes spécialisées, comme Cléo, ou de firmes de génie pour prendre en charge la reconfiguration des infrastructures et l'installation électrique indépendamment du fournisseur d'autobus. Une telle approche est indépendante au type de véhicule acheté et peut être préférable si le transporteur envisage l'acquisition de plusieurs modèles de véhicules électriques différents.

Il est fortement recommandé de faire appel à une firme qui pourra mettre en place les plans et devis validés par des ingénieurs pour s'assurer que les normes et les contraintes physiques soient respectées, plutôt que de passer directement par un électricien spécialisé. L'électricien pourra ensuite suivre les plans et devis approuvés. Ce service est aujourd'hui financé à hauteur de 75 % par le gouvernement du Québec.

3.3 Modes de financement

EN DEUX MOTS *Il existe des subventions gouvernementales qui permettent de couvrir près d'un tiers du coût d'acquisition des autobus électriques, et 75 % des coûts d'installations des bornes et des études nécessaires pour leurs implantations. La Banque de l'Infrastructure du Canada, en partenariat avec la FTA, offre un financement à un taux d'intérêt très bas qui n'est repayé que si des économies sont réalisées avec l'implantation des autobus électriques. Cette section présente une revue de chaque option de financement, de leurs avantages et de leurs inconvénients.*

Plusieurs options avantageuses pour les transporteurs scolaires du Québec existent aujourd'hui pour le montage financier d'un projet d'adoption de véhicules électriques. Tout d'abord, il est important de faire la distinction entre deux options offertes par les gouvernements provincial et fédéral : la subvention et l'emprunt à bas taux d'intérêt.

3.3.1 Subventions

Une subvention est une aide financière accordée par une entité publique qui n'a pas besoin d'être remboursée. Les subventions peuvent être octroyées pour aider à l'adoption d'une nouvelle technologie et sont généralement associées à des contraintes temporelles et à des montants maximaux. Le Programme d'électrification du transport scolaire du Québec met à la disposition des transporteurs deux types de subventions : l'une pour les véhicules et l'autre pour les bornes. L'objectif est d'aider à électrifier 14 % des autobus scolaires au Québec d'ici mars 2024.

Il est possible de faire à la fois une demande de subvention provinciale qui couvrira 125 000 \$ par autobus jusqu'au 31 mars 2023, puis 100 000 \$ par la suite jusqu'en 2024¹⁶. Deux fabricants d'autobus sont éligibles à cette subvention, soit Girardin Blue Bird et Lion Électrique. La subvention est versée directement au fournisseur d'autobus afin que le transporteur ne débourse pas la facture totale, mais seulement le montant réduit par la subvention.

Pour les bornes de recharge, la subvention s'élève à 75 % des dépenses d'acquisition et d'installation jusqu'à concurrence de 50 000 \$ par autobus scolaire électrique. Pour accéder à cette subvention, il est nécessaire d'avoir un rapport d'expert réalisé par un électricien qualifié et un ingénieur membre de son ordre professionnel.

Une autre option pour financer les études, les plans et devis pour l'intégration des nouvelles technologies est le fonds Écoleader. Ce fonds soutient « les mesures concrètes comme la production de diagnostics et d'études, l'élaboration de plans d'action et la réalisation de démarches d'accompagnement ». Il est possible d'obtenir une subvention de 75 % pour la réalisation d'études et de plans d'action pour un maximum de 60 000 \$.

¹⁶ <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/aide-finan/electrification/programme-electrification-transport-scolaire/Pages/programme-electrification-transport-scolaire.aspx>

3.3.2 Emprunt

Un emprunt à bas taux est un mécanisme financier permettant de financer le capital nécessaire à sa transition. Cette option, qui est offerte par la Banque de l'infrastructure du Canada (BIC) et le gouvernement fédéral, permet un partage des risques avec le transporteur, car le remboursement du prêt n'a lieu que si les autobus électriques apportent une réduction des coûts d'exploitation en entretien et en carburant.

Le financement des autobus scolaires à zéro émission offert par la BIC est un programme disponible jusqu'en 2026 et est ouvert à tous les membres de la Fédération des transporteurs par autobus (FTA). Un transporteur bénéficiant de ce programme peut obtenir le financement de la BIC sur une période de un à cinq ans, et doit ensuite rembourser le prêt sur une période allant jusqu'à dix ans selon la durée de vie prévue de l'autobus. Le remboursement du prêt s'effectue uniquement sur les économies de coûts générées par la mise en place des autobus électriques sur la base d'un pourcentage négocié avec la FTA. À titre d'exemple, si un autobus diesel coûte 1 000 \$ d'opération par an et qu'un autobus électrique n'en coûte que 600 \$, cela représente 400 \$ d'économies par an. Pour le remboursement du prêt à la FTA directement, le transporteur doit verser un pourcentage fixe seulement sur ce 400 \$, et non sur la totalité des économies générées. Le taux d'intérêt du prêt est de 1%, et la FTA prélève des frais administratifs de 0,05 %. Le remboursement du prêt débute un an après la mise en place des autobus électriques.

3.3.3 Autres sources de financement

En plus des modes de financements publics, il est possible d'accéder à des fonds privés. Par exemple, l'entreprise 7Gen Capital se spécialise dans la création de partenariats avec des investisseurs institutionnels pour soutenir des projets d'électrification.

Pour terminer, un autre modèle de montage financier de projet est rendu possible avec l'électrification. L'infrastructure électrique nécessaire pour la recharge des véhicules peut être louée plutôt qu'achetée, ce qui permet de limiter les investissements en capital dans le projet. Ainsi, des compagnies comme Cléo et 7Gen proposent de gérer la planification, l'installation et la maintenance des équipements électriques pour un coût fixe par mois. Cette option permet donc de prévoir le montage financier de son projet en utilisant un modèle « OPEX » et non CAPEX.

Services offerts et financements

Le tableau ci-dessous présente un récapitulatif des options discutées dans cette section, de leurs avantages et des risques à prendre en compte.

TABLEAU 3 Options de subventions, de financements et de montage alternatifs pour les projets d'électrification d'autobus scolaires au Québec

	Gouvernement provincial	BIC	Écoleader	Cléo	7Gen
Type de financement	Subvention	Financement à faible taux	Subvention	Location ou vente d'équipement de recharge	Location d'équipement de recharge et partenariats avec des investisseurs
Caractéristiques principales	<ul style="list-style-type: none"> • Disponible jusqu'en 2024 • Subvention pour les autobus payés au fabricant directement • Permet de subventionner 75% des coûts admissibles pour les infrastructures de recharge • Impose une livraison en moins de 12 mois au fabricant après la subvention versée 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponible jusqu'en 2026 • Demande de financement passe par la FTA • Prêt à 1% remboursé sur 8 à 10 ans • Prêt remboursé seulement sur les économies réalisées 	<ul style="list-style-type: none"> • S'applique pour les études et pour engager des experts • Possède un répertoire de tous les financements écologiques disponibles au Québec 	<ul style="list-style-type: none"> • Installe et maintient l'équipement de recharge et tout l'équipement nécessaire à la distribution électrique pour des frais mensuels • Cléo fournit également l'expertise technique et s'occupe des demandes de financement 	<ul style="list-style-type: none"> • Gère l'installation et le maintien des infrastructures de recharge et des véhicules avec une facture mensuelle unique • Expertise pour apporter d'autres financements privés au besoin
Véhicules	Financement disponible	Financement disponible			Financement disponible
Infrastructure de recharge	Financement disponible			Financement disponible	Financement disponible
Études et expertise	Financement disponible		Financement disponible	Financement disponible	Financement disponible

	Gouvernement provincial	BIC	Écoleader	Cléo	7Gen
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Facilement accessible • Critères de subvention détaillés sur le site et étapes de demandes très claires • Subvention qui couvre l'ensemble des dépenses liées à l'électrification (véhicules+ infrastructures) 	<ul style="list-style-type: none"> • Taux d'intérêt plus bas que les alternatives privées • Prévisibilité sur le financement jusqu'en 2026 et remboursement progressif entre 8 et 10 ans • Si aucune économie n'est réalisée avec la transformation à l'électrique, le transporteur n'a pas besoin de rembourser le prêt 	<ul style="list-style-type: none"> • Subvention pouvant favoriser les études de planification plus détaillées jusqu'à 60 000 \$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Permet de planifier son budget d'exploitation en ajoutant des frais mensuels de gestion • Limite les risques du transporteur liés l'infrastructure • Accompagnement technique inclus dans la formule 	<ul style="list-style-type: none"> • Permet de planifier son budget d'exploitation en ajoutant des frais mensuels de gestion • Soutien pour trouver d'autres sources de financement au besoin
Autres aspects à prendre en compte lors de l'élaboration du budget	<ul style="list-style-type: none"> • Difficile d'avoir une prévisibilité de la disponibilité de la subvention après 2024 • Le montant total de la subvention diminue d'année en année • Les coûts d'acquisition et d'installation pour les bornes de niveau 3 sont potentiellement plus chers que 50 000 \$ selon le site 	<ul style="list-style-type: none"> • Subvention qui exclut les infrastructures de recharge 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu d'informations disponibles en ligne actuellement sur les modalités de la subvention. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il convient d'étudier les avantages et inconvénients financiers de louer son équipement ou de l'acheter et de le maintenir soi-même. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de déploiement connu au Québec pour le transport scolaire à ce jour

3.4 Autres services en développement

EN DEUX MOTS *Les services présentés dans cette section sont des services en développement qui ne sont pas encore offerts au sein de l'écosystème Québécois mais qui doivent être démystifiés pour en comprendre les avantages.*

Avec les avancements de l'électrification de transports, des services complémentaires se développent au Québec. Cette section inclut une liste des services en cours de développement ou qui pourraient émerger dans le futur ainsi que leurs avantages pour les transporteurs d'autobus scolaires.

3.4.1 Optimisation du service de transport scolaire et de l'utilisation des autobus

En récupérant les données en temps réel grâce à la télémétrie des autobus électriques et de l'opération des chargeurs, les transporteurs scolaires vont accumuler une base de données considérable dont ils pourront tirer profit. En effet, des logiciels d'apprentissage automatiques (aussi appelé « Machine Learning ») voient le jour pour permettre d'extraire des tendances et d'optimiser les opérations. Par exemple, il pourrait être plus bénéfique à long terme de déployer un autobus X sur un trajet Y puisque la capacité de sa batterie correspond aux besoins énergétiques du trajet. Ce type d'optimisation pourra être réévalué en fonction des saisons, du nombre d'écoliers à transporter, du type de trajet, etc. Pour permettre ce type d'analyse de performance, les transporteurs devront prévoir les mesures de collectes de données lors de l'acquisition de leurs autobus, mesures qui seront offertes à la fois par les fabricants, les fournisseurs de logiciels ou autres entreprises spécialisées.

3.4.2 Inspection en usine de chargeurs niveau 3

Dans les installations où des chargeurs de niveau 3 sont nécessaires, certains fournisseurs de services offrent d'accompagner les clients afin d'effectuer des inspections et des essais avec les équipements en usine avant la livraison et l'installation. Les chargeurs de niveau 3 sont généralement assemblés en quantité limitée selon les commandes, alors que les chargeurs de niveau 2 sont des produits accessibles au grand public et éprouvés. De plus, les chargeurs de niveau 3 sont plus complexes en raison leur fonctionnement et leur plus grande puissance. Ces activités de contrôle de la qualité permettent donc, avec l'aide d'inspecteurs expérimentés, de déceler des défauts avant que les équipements ne quittent l'usine et permettent ainsi d'accélérer les correctifs et de réduire le temps d'installation et de mise en service chez le client. Ce type d'activité doit être envisagée dès la phase de planification du projet et incluse dans le contrat d'achat des équipements de recharge.

3.4.3 Inspection en usine des autobus électriques

Puisque les autobus électriques sont une nouvelle technologie pour la plupart des clients, certains fournisseurs de services offrent d'accompagner les clients afin d'effectuer des inspections et des essais avec les autobus électriques en usine avant leur livraison. Tout comme pour les chargeurs de niveau 3, ces activités de contrôle de la qualité permettent, avec l'aide d'inspecteurs expérimentés, d'assurer la conformité du véhicule livré avec le contrat avant que les autobus électriques ne quittent l'usine et permettent une adoption rapide par les équipes du client opérant ces véhicules.

3.4.4 Achat groupé d'autobus électriques

Des achats groupés d'autobus électriques pourraient être envisagés, spécifiquement pour des transporteurs n'ayant pas les mêmes ressources techniques et d'approvisionnement que de plus gros transporteurs. Cette approche est déjà utilisée dans le cas des autobus électriques urbains¹⁷. Ce type d'entente permet aux clients de bénéficier d'un plus grand rapport de force et de négocier des ententes plus avantageuses, par exemple pour les garanties et les prix.

3.4.5 À surveiller: Solution de recharge intelligente Hilo

Hilo, une filiale d'Hydro-Québec, permet à ses clients de bénéficier d'un service leur permettant de diminuer leur consommation d'énergie électrique. Les services existants offerts par Hilo permettent à leurs clients résidentiels de recevoir une rémunération en échange de la participation à des défis proposés durant les périodes de pointe. Ceci pourrait être une mesure incitative sur le plan financier pour les transporteurs scolaires lorsqu'une solution de recharge intelligente sera disponible pour l'ensemble des clients de Hilo. De même, cette solution pourrait être envisagée afin d'être installée chez les chauffeurs lorsque ceux-ci doivent stationner l'autobus directement chez eux.

Clients résidentiels¹⁸

En novembre 2021, Hilo a débuté un projet pilote d'une solution de gestion de recharge intelligente qui est en cours de développement. Une fois que la solution sera disponible à tous les clients, les transporteurs scolaires, notamment pour les autobus qui devront être rechargés à la résidence du chauffeur, pourront communiquer directement avec Hilo afin de connaître les avantages financiers liés à cette nouvelle solution, tel qu'une baisse des coûts totaux d'électricité. Afin de tirer profit de ces services, les transporteurs devront s'assurer de la comptabilité des équipements de recharge qu'ils planifient installer et la solution d'Hilo.

Client d'affaires¹⁹

La solution de recharge intelligente d'Hilo est en cours de développement et peu d'informations sont aujourd'hui disponibles. Les transporteurs scolaires peuvent communiquer directement avec Hilo afin de connaître les avantages liés à ces nouveaux services et pour signifier leur intérêt à Hilo.

¹⁷ Ref. <https://www.lapresse.ca/affaires/2022-04-12/autobus-urbains-electriques/une-grosse-commande-financee-par-quebec.php>

¹⁸ Ref. <http://nouvelles.hydroquebec.com/fr/communiques-de-presse/1756/hilo-se-lance-dans-la-recharge-intelligente-pour-les-vehicules-electriques/>

¹⁹ Ref <https://www.hiloenergie.com/fr-ca/affaires/>

Services offerts et financements

3.4.6 À surveiller: échange d'énergie véhicule-réseau (V2G, Vehicle-to-Grid)

Le « Vehicle-to-Grid », ou V2G, est une fonctionnalité permettant à un chargeur et à un autobus de redonner de l'énergie au réseau électrique. Dans un autobus électrique, l'énergie stockée pourrait être utilisée pour permettre de redistribuer de la puissance aux heures de demandes de pointe et de se recharger aux heures creuses. Plusieurs projets pilotes testant la faisabilité de cette solution sont en cours aux États-Unis, où le modèle de tarif d'électrification varie en fonction des heures de la journée dans de nombreux États.

Cependant, l'utilisation de véhicules électriques pour alimenter le réseau électrique comporte de nombreux défis et n'est pas possible actuellement au Québec. Cette technologie pourrait être avantageuse pour les transporteurs scolaires à long terme, si des avantages financiers sont offerts en échange. Cependant, les propriétaires des véhicules électriques devront aussi considérer l'impact d'une utilisation accrue de la batterie sur sa durée de vie.

Grandes étapes de réalisation pour convertir sa flotte vers l'électrique



Cette section énumère et décrit les étapes clés à suivre pour se préparer à la transition vers l'électrification.

4.1 La planification



FIGURE 8 • Les grandes étapes de réalisation d'un projet d'électrification

Qu'il soit électrique ou diesel, un autobus scolaire représente le plus gros actif d'un transporteur. Avant de choisir son véhicule, il est important d'identifier les besoins du service. Avant de se lancer dans l'achat d'un véhicule électrique, il convient de bien définir les tâches que le véhicule électrique aura à faire, notamment :

- Nombre de kilomètres effectué par jour ;
- Nombre de sortie du garage (matin, midi, soir) et temps d'arrêt au garage / site de stationnement ;
- Utilisation sur de longs parcours (ex. : voyage scolaire) ;
- Type de parcours (en ville, en campagne, banlieue, chemin asphalté, en gravier) ;
- Géographie des trajets en autobus (terrain plat, pente, collines, etc.) ;
- Capacité de l'installation électrique et du réseau de prendre la nouvelle charge.

Les modèles d'autobus et la stratégie de recharge pourront ainsi être sélectionnés pour répondre à ces besoins. Pour être bien préparé, il est important de connaître les coûts d'exploitation de l'autobus diesel qui sera remplacé. Cette étape permettra de mieux apprécier les coûts à venir pour l'acquisition d'un autobus électrique.

Grandes étapes de réalisation

C'est durant l'étape de planification que s'effectue le montage financier du projet et l'identification des différents modes de financement. Les différentes catégories de coûts à planifier sont les suivantes :

- Coûts d'opération (OPEX) : coûts d'électricité (\$/kWh, \$/kW, administratifs), coûts de maintenance légère et lourde (main d'œuvre + pièce), coûts du carburant pour le chauffage auxiliaire, coût de maintenance des infrastructures, coûts de licence pour les logiciels et l'accès aux données en temps réel, coûts des formations, coûts des assurances, coûts de remorquage additionnels en prévision, etc.
- Coûts d'immobilisation (CAPEX) : coûts d'acquisition des véhicules et des garanties et contrat de réparation, coût d'acquisition des infrastructures de recharge, de la connexion avec Hydro-Québec, de la reconfiguration du bâtiment, de l'installation d'un nouveau système de distribution, mise à jour de l'outillage pour la maintenance et des ordinateurs, remplacement des batteries, etc.

De même, c'est durant cette phase que les travaux et la reconversion des infrastructures existantes doivent être revus et les plans et devis pour l'installation électrique doivent être développés.

Il est recommandé de faire appel à des services d'accompagnement professionnels tels que ceux décrits dans la section 3.2 pour aider tout au long de la planification.

4.1.1 Planification pour la mise en œuvre d'un projet pilote

Pour les propriétaires de plus de dix autobus scolaires, il est recommandé d'y aller par étape, en débutant par l'achat d'un seul autobus électrique. De cette manière, le propriétaire pourra s'acclimater graduellement à l'autobus électrique et cela facilitera l'intégration des autres autobus électriques à venir.

Afin de maximiser les bénéfices d'un projet pilote, celui-ci devrait être planifié en identifiant et en se basant sur les mêmes besoins que ceux identifiés pour déployer une flotte complète d'autobus électriques et leurs équipements de recharge associés. De cette manière, le projet pilote permettra de valider un maximum d'hypothèses. À la suite de la mise en œuvre du projet pilote, il sera essentiel d'implémenter les conclusions d'une analyse rétroactive pour corriger la stratégie de déploiement de la flotte complète au besoin.

4.1.2 Planification pour une mise en œuvre progressive

Dans le cadre d'une intégration progressive, les besoins doivent être identifiés dès le début pour l'ensemble des phases de déploiement. Ceci permettra de faire des choix judicieux répondant à ces besoins.

À la suite de la première phase de déploiement, l'implémentation des conclusions et des recommandations de l'analyse rétroactive permettra d'assurer le succès des phases suivantes.

4.2 Sélection des fournisseurs

Une fois que le type d'autobus, la stratégie de recharge et la reconversion des bâtiments sont connus et le plan d'acquisition réalisé, d'autres éléments sont importants à vérifier avant de procéder à l'achat. Il faut rappeler qu'en tant qu'acheteur, un transporteur a le droit d'exiger des réponses techniques à ses fournisseurs afin de prendre une décision éclairée.

Les questions ci-dessous peuvent être utilisées comme guide lors de la recherche afin de comprendre les conditions du contrat et décortiquer les solutions offertes par les fournisseurs d'autobus, d'équipement et de services.

4.2.1 Questions pour les fournisseurs d'autobus

- **Quelle est la garantie des batteries et quelles sont les conditions de la garantie ?**

Les batteries lithium peuvent être garanties jusqu'à 12 ans, mais cela vient avec un coût supplémentaire. Il est important de comprendre les conditions de la garantie. Certains fournisseurs peuvent exiger que le niveau de charge de la batterie ne soit jamais être inférieur à un pourcentage, par exemple 10%. Cela implique des contraintes opérationnelles que le transporteur doit être certain de respecter en tout temps.

- **Quel est le cycle de vie des batteries et comment sont-elles recyclées ?**

Il faut s'accorder sur une définition de la durée de vie des batteries pour être certain que celles-ci soient remplacées si elles ont atteint une dégradation de 20% à 30% de capacité initiale, car cela a des impacts supplémentaires sur l'exploitation. Il faut aussi s'entendre sur les délais de remplacement des batteries lorsqu'elles ont atteint la fin de leur cycle de vie pour minimiser l'impact sur les opérations. Il est important de comprendre les mesures mises en place par les fournisseurs pour recycler les batteries une fois que celles-ci ont atteint leur fin de vie pour cette utilisation.

- **Quelles sont les conditions liées à la maintenance lourde et à la disponibilité des pièces de rechange ? Quels sont les centres de réparation et les concessionnaires les plus proches ?**

En tant que transporteur, il est possible de négocier les termes du contrat liés à la maintenance. Il est important de connaître le temps d'attente moyen et maximum lorsqu'un problème qui requiert un technicien sur site est signalé. Il est aussi possible de négocier des conditions fixant la disponibilité des pièces de rechange pour s'assurer que le fournisseur garde des pièces de rechange nécessaires en réserve en tout temps.

- **Quelle est la période de garantie générale en cas d'un problème de fabrication ?**

Cette question permet de comprendre la durée de la garantie et les conditions de retour si un autobus est défectueux.

Grandes étapes de réalisation

- **Quel est le délai de livraison ?**

Avant l'achat, il est important de vérifier les délais de livraison des autobus. Une fois la subvention accordée, le fournisseur dispose de 12 mois pour livrer l'autobus au transporteur. Tout risque financier associé aux délais de livraison est assumé par le fournisseur, car c'est lui qui reçoit la subvention directement. Le transporteur lui ne débourse que le montant après subvention. Il faut noter que selon les informations récoltées, les délais actuels d'approvisionnement des autobus électriques peuvent dépasser les 12 mois aujourd'hui.

- **Quelles sont les formations incluses ?**

Il est important de comprendre quelles formations seront offertes lors de la livraison de l'autobus et si ces formations incluent la maintenance sécuritaire des équipements.

- **Quelle est la marche à suivre pour prévenir les premiers répondants et les pompiers ?**

Le fabricant d'autobus doit fournir un plan technique pour les services de secours afin de répondre adéquatement aux risques d'incendie.

4.2.2 Questions pour les fournisseurs de service et d'équipements électriques

- **Quel est le délai de livraison du matériel de recharge et de son installation ?**

L'arrivée des autobus et les infrastructures doivent être coordonnées.

- **En cas d'achat d'un logiciel de gestion de recharge : ce système fonctionne-t-il avec tout type de fabricants de bornes de recharge ?**

Il est probable qu'à long terme, la transition s'effectue à partir de différents fournisseurs de bornes de recharge électrique. Il faut donc s'assurer que le logiciel soit interopérable avec tous les modèles.

- **Comment se déroule le processus d'accompagnement ?**

Il est important de connaître tous les détails des services proposés : le fournisseur de services va-t-il prendre en charge les demandes de subventions ? La planification ? Le processus de soumission pour sélectionner la meilleure option de recharge ? etc.

- **Comment allez-vous planifier la redondance électrique ?**

En cas de panne d'électricité ou de dysfonctionnement de l'équipement électrique, les opérations du lendemain sont fortement affectées. Il faut s'assurer que les fournisseurs de solution de recharge clé en main considèrent le problème et proposent une ou plusieurs solutions pour remédier aux pannes en s'engageant à les réparer rapidement. Pour les plus larges installations, il pourrait aussi être envisageable d'installer une génératrice sur site.

- **Quels sont les frais récurrents de gestion pour le logiciel si le nombre d'autobus électriques dans la flotte est modifié ?**

Les logiciels sont généralement accompagnés de frais d'opération (OPEX) additionnels.

- **Le logiciel est-il compatible avec les ordinateurs du site (système d'exploitation, version, etc.) ?**

Si ce n'est pas le cas, il faudra prévoir des équipements supplémentaires.

4.3 Projet pilote et intégration progressive

La mise en œuvre d'un projet pilote et l'intégration progressive des véhicules électriques permettent de réduire les risques opérationnels liés à la transition en donnant l'occasion aux transporteurs d'identifier et de corriger les enjeux sans que leurs services ne soient affectés. Cette approche permet de se familiariser avec les nouvelles technologies associées aux véhicules électriques, aux systèmes de recharge et aux différents services après-vente qui sont offerts. Elle permet aussi d'identifier les meilleures pratiques à adopter pour l'exploitation en fonction des particularités locales (distances, conditions climatiques, types de routes, etc.) À la suite d'un projet pilote ou de la première phase d'une intégration progressive, il est recommandé d'effectuer une analyse rétroactive pour identifier les éléments à améliorer lors de l'intégration des prochains autobus électriques. Cette analyse devrait s'effectuer après six à dix mois suivants la mise en service des autobus électriques et inclure une période d'utilisation hivernale afin de valider tous les éléments du système dans les conditions extrêmes d'utilisation et de développer des recommandations pour les prochains déploiements.

Pour les transporteurs scolaires ayant une flotte de plus de dix véhicules, un projet pilote remplaçant de 10 % à 15 % de leur flotte par des autobus électriques leur permettra d'atteindre les objectifs mentionnés ci-haut.

Dans le cas des transporteurs scolaires qui ont une flotte de dix véhicules ou moins, il est recommandé de réaliser une intégration progressive des véhicules en plusieurs phases, en débutant avec un ou deux autobus électriques et leurs équipements de recharge lors de la première phase.

4.4 Adapter les bâtiments et les infrastructures pour accueillir les autobus scolaires électriques

Comme mentionné dans la section 3.4, il est possible que des modifications sur le bâtiment ou sur le site soient nécessaires pour charger et entretenir les autobus électriques. À moins d'avoir les ressources appropriées à l'interne, il est recommandé de faire appel à un service externe spécialisé tel que ceux décrits dans la section 4.2 qui s'occuperont de valider les plans et devis, de trouver le maître d'ouvrage et de surveiller les travaux lors de l'installation des équipements électriques et de la reconstruction des infrastructures.

En plus des installations de recharge, il faut également penser aux installations de redondance et de résilience électrique pour assurer un maintien des opérations en cas de panne électrique.

L'adaptation du bâtiment et du site va varier de manière importante pour chaque transporteur, car elle dépend d'un bon nombre de variables : les conditions du bâtiment existant, de la capacité de l'entrée électrique, de l'endroit où sera effectuée la maintenance (sur place ou hors-site), de l'espace disponible, de la distance du poteau électrique, etc. La Figure 9 présente les règles générales qui s'appliquent pour des flottes de tailles de véhicules différentes. Il faut noter qu'une nouvelle entrée électrique peut être nécessaire à partir de trois autobus dans la plupart des cas, car les panneaux électriques des bâtiments ont généralement peu d'ampérage de disponible.

+ Grandes étapes de réalisation

De 1 à 3 autobus électriques	De 4 à 7 autobus électriques	De 7 à 15 autobus électriques	16 autobus électriques et plus
<ul style="list-style-type: none">• Chargeurs de niveau 2 uniquement (1 chargeur par autobus)• Utilisation de l'entrée électrique existante• Pas de reconversion de la zone de maintenance nécessaire• Pas de logiciels de gestion de recharge requis, mais peut être envisagé pour gérer le départ du chauffage en cascade	<ul style="list-style-type: none">• Intégration progressive des autobus• Chargeurs de niveau 2 uniquement• Reconfiguration de l'espace possible pour faire place aux équipements électriques• Nouvelle entrée électrique• Un logiciel de gestion de la recharge peut être souhaitable pour réduire les coûts d'électricité	<ul style="list-style-type: none">• Chargeurs de niveau 2 et 3 potentiellement en redondance• Projet pilote recommandé• Logiciel de gestion de la recharge requis	<ul style="list-style-type: none">• Chargeurs de niveau 2 et 3 potentiellement en fonction des circuits• Projet pilote recommandé• Logiciel de gestion de la recharge requis

FIGURE 9 • Exemples de règles générales sur l'ampleur des modifications à prévoir par rapport à la taille de la flotte

4.5 Mise en opération

Une fois que les véhicules et la solution de recharge ont été sélectionnés, il faut s'assurer que leurs livraisons soient synchronisées pour utiliser les autobus le plus rapidement possible. Pour ce faire, il est recommandé de s'assurer que l'installation des bornes de recharge soit terminée plusieurs mois avant l'arrivée des autobus électriques..

Une fois les autobus livrés, il sera nécessaire d'effectuer une série de tests pour s'assurer de leur bon fonctionnement. Il est important de prévoir plusieurs semaines d'adaptation, en particulier pour la première commande d'autobus électriques. Les autobus auront déjà été testés à leur sortie d'usine par le fabricant, mais n'auront pas encore été testés dans les installations du transporteur.

Pour une première acquisition, il convient de se familiariser avec cette nouvelle technologie en :

- Mettant en place et testant le système de collecte des données ;
- Intégrant les nouvelles manières de faire pour ce qui est de la maintenance préventive et corrective tant dans les gestes au quotidien que pour les outils et le garage ;
- S'assurant que les mécaniciens, les chauffeurs et le personnel de l'entreprise ont reçu la formation adéquate pour entretenir et faire fonctionner les véhicules électriques, et ce, autant le véhicule et la recharge que les systèmes de collecte et de traitement des données.

Il n'existe pas actuellement de tests standardisés, mais il est recommandé d'effectuer les trajets habituels à plusieurs reprises avant de transporter des passagers. En cas de doute, il est important de contacter rapidement le représentant du fabricant.

4.6 Échéancier général

Le tableau suivant résume les grandes étapes de réalisation en indiquant une durée estimée générale pour chacune des étapes. Ce graphique doit être utilisé à titre indicatif, car il variera en fonction des délais de la chaîne d'approvisionnement, des spécificités et de la taille de chaque projet. De plus, certaines des étapes ne seront pas nécessaires pour les flottes plus réduites.

Grandes étapes de réalisation

TABLEAU 4 Exemple d'échéancier pour un projet d'électrification – les détails varient pour chaque projet

	6 mois	1 an	1 an et demi	2 ans	2 ans et demi	3 ans	3 ans et demi	4 ans et plus
Planification								
Portrait actuel des actifs								
Vision initiale pour remplacer les trois premiers autobus diesel (durée, budget estimé)								
Revue des différentes options de financement, d'achat et de location								
Sélectionner un partenaire pour aider à la planification (consultant ou entreprise spécialisée)								
Plan d'évolution du parc détaillé pour remplacer toute la flotte								
Calculs des besoins énergétiques et de la capacité de batterie nécessaire pour chaque trajet								
Analyse des coûts et demandes de financement								
Planification des modifications d'infrastructure dans l'atelier								
Planification raccordement Hydro-Québec								
Sélectionner un/des fournisseurs d'autobus et de chargeurs								
Projet pilote								
Adaptation du bâtiment et construction								
Plans et devis pour la construction								
Permis de construction à la Ville								
Réalisation et surveillance des travaux et installation des bornes de recharge								
Mise en opération graduelle des autobus								
Tester les véhicules								
Formations du personnel								
Analyse des données								
Contacteur les pompiers et premiers répondants pour mettre en place un plan d'urgence								

Conseils et ressources pour réussir sa transition énergétique

+

5



FIGURE 10 • Autobus électriques du transporteur Vausco

5.1 Témoignages et leçons apprises des déploiements passés

5.1.1 Un mot d'ordre : planifier

Le groupe Vausco Transport Scolaire assure chaque jour le déplacement de 1 500 élèves sur 22 trajets répartis sur le territoire du Lac-Mégantic. Avec une flotte de près de 23 autobus scolaires, l'équipe de Vausco assure à l'interne l'exploitation et la maintenance de son parc de véhicules. Afin de minimiser leur impact environnemental, le groupe a entrepris une série de mesures comme l'instauration de formations d'écoconduite et s'est très rapidement positionné dans l'électrification de son parc de véhicules en réservant l'un des prototypes d'autobus électrique disponible sur le marché québécois.

Pour entreprendre sa démarche de transformation de sa flotte sur le long terme, l'entreprise a retenu les services de Nixo Experts-Conseils pour la guider dans les premières étapes de planification d'infrastructures électriques et de modifications du bâtiment à prévoir. Cette consultation a permis d'établir un ordre de priorité et une transition par phases pour atteindre l'objectif de déployer six autobus électriques dans les prochaines années. Plusieurs solutions de recharge et d'entrée électriques ont été envisagées dans ce processus ce qui a permis de choisir l'option optimale pour minimiser les coûts et faciliter l'accès aux financements, dont le financement du Fonds Écoleader.

Depuis 2020, l'entreprise opère un autobus électrique rechargé grâce à une borne de niveau 2 qui est déployée été comme hiver. Un chauffage auxiliaire au diesel a été installé et est utilisé majoritairement l'hiver pour conserver l'autonomie des batteries. Lors de la livraison de l'autobus, le groupe a pu bénéficier d'une formation générale pour se familiariser avec le véhicule. Aucune formation de maintenance spécialisée n'a été offerte. Ceci a été problématique, car le système à haute tension de l'autobus demande une attention particulière pour assurer la sécurité du personnel d'entretien. Ainsi, toute la maintenance lourde de l'autobus passe aujourd'hui directement par les techniciens du fabricant d'autobus.

Un autre constat est que la majeure partie des processus de maintenance sur la carrosserie, les roues, et la cabine intérieure demeure inchangée. Cependant, le groupe ayant été un pionnier et ayant mis en opération un prototype, certains enjeux ont été constatés avec les batteries. Un des modules était fréquemment en surchauffe ce qui empêchait l'autobus de démarrer. Ce problème a nécessité l'intervention d'un technicien spécialisé qui s'est déplacé à plusieurs reprises sur le site, causant l'immobilité du véhicule le temps de régler la panne. Cette difficulté a néanmoins été résolue depuis. Ainsi, chaque nouvelle itération permet d'en apprendre plus sur cette technologie et d'améliorer les modèles des fabricants.

Conseils de Caroline Vallée, présidente-directrice générale du Groupe Vausco, pour réussir ses projets d'électrification :

« Il est très important de prendre son temps pour évaluer toutes les options possibles et de ne pas avoir peur de chercher un avis contraire. En nous faisant conseiller par une firme de spécialistes, nous avons pu réévaluer notre planification initiale, choisir nos électriciens industriels pour l'installation des infrastructures de recharges et évaluer l'offre des différents fabricants sans nous précipiter. Cela nous a permis de mettre en place une solution optimisée qui répond à nos besoins. »

5.1.2 Prévoir ses coûts à l'avance

L'entreprise Autobus Maheux assure un service de transport scolaire transportant des milliers d'élèves chaque jour en Abitibi-Témiscamingue, dans plusieurs villes et villages de cette belle et grande région. L'entreprise compte un large portfolio de service de transport en Abitibi Témiscamingue, avec une flotte de plus de 200 véhicules notamment dans le transport interurbain, nolisé, urbain, minier et scolaire. De plus, Autobus Maheux est aussi présent sur la Côte-Nord dans le secteur de Fermont, à quelques kilomètres de la frontière du Labrador, et opère une flotte de plus de 20 autobus scolaires dans ce secteur.



FIGURE 11 • Salle électrique du bâtiment mise à jour pour alimenter l'infrastructure de recharge, Autobus Maheux

Autobus Maheux est une pionnière dans l'électrification de son parc de véhicules, ayant acheté ses deux premiers véhicules en 2016 et 2017. Lors de la livraison, une formation succincte du fabricant a permis à l'équipe de se familiariser avec ces nouveaux véhicules. L'équipe a dû faire face à des problèmes techniques lors du déploiement de ces autobus de première génération, surtout pendant leur mise en service hivernale, notamment en ce qui concerne le brûleur au diesel pour le chauffage qui ne fonctionnait pas en continu. De plus, des problèmes avec le système de recharge de niveau 2 ont été identifiés et les bornes de recharge ont dû être changées à plusieurs reprises sous recommandations du fabricant puisque la technologie des chargeurs était elle aussi en évolution constante. À plusieurs reprises, des problèmes de différente nature ont mis hors service les autobus.

Conseils et ressources

Ces essais ont permis aux fabricants d'adapter leurs produits pour faciliter les intégrations futures. Depuis, le niveau de maturité de la technologie a bien augmenté, mais il y a encore des défis au de fiabilité à certains niveaux, comme des problèmes de recharge interrompue.

Les dernières années d'expérience acquises ont aussi démontré des coûts d'opération plus élevés que ce qui avait été projeté au départ et cela à plusieurs niveaux, autant pour l'entretien, la consommation d'électricité, la consommation de diesel pour les chauffages auxiliaires et les infrastructures de branchement.

Fort de son expérience, l'entreprise a déployé trois autobus scolaires électriques Lion supplémentaires à Fermont à l'hiver 2021 dans le but de les tester dans des conditions extrêmes, où les températures hivernales peuvent avoisiner les -50 degrés celsius. Durant cette période complète, il n'y a jamais eu d'interruption de service causé par le froid, bien que véhicules soient grandement sollicités. Ces trois véhicules ont bien fonctionné et n'ont pas eu de difficulté à maintenir une température confortable dans la cabine même en hiver. Il y a tout de même eu des problèmes de branchement par temps froid en raison de la fermeté des câbles, des problèmes de communication entre l'autobus et la borne, ainsi qu'une réduction importante de l'autonomie du véhicule, mais seulement lors de l'utilisation à de très basses températures. Ces autobus seront transférés en Abitibi, où l'équipe Maheux prépare l'aménagement nécessaire pour accueillir dix autobus scolaires électriques supplémentaires commandés en avril 2021 qui ont été subventionnés par le gouvernement.

Pour préparer ces infrastructures, l'équipe a choisi d'installer un système de conteneur en suivant les conseils de l'équipe de Lion Électrique. Une telle infrastructure a nécessité une demande de permis spécial auprès de la Ville, il a fallu évaluer la capacité de connexion avec Hydro-Québec et déterminer le type de branchement aérien ou souterrain, ce qui a nécessité l'inspection du sol pour vérifier la présence de lignes de gaz ou autres.

La nécessité d'une alimentation plus importante peut conduire à l'ajout de poteaux électriques supplémentaires sur le réseau d'Hydro Québec, car dans certains cas, la distance entre les poteaux doit être réduite pour les plus hauts voltages. Cette situation s'est produite pour l'installation de Rouyn-Noranda et a obligé Maheux à convaincre directement deux voisins de proximité d'accepter l'ajout de poteaux dans leurs cours privées. Les travaux se poursuivent en amont de l'arrivée des autobus électriques et l'entreprise est confiante de réussir à mener le projet à terme pour le début des classes en septembre 2022.

Conseils de Ugo Barrette, directeur des services d'entretien chez Autobus Maheux, pour réussir ses projets d'électrification :

« Il faut essayer de prévenir les coûts en avance du mieux possible. Il y a beaucoup de nouvelles catégories de coûts qui ne sont pas intuitives, comme par exemple les coûts de maintenance des bornes de recharge, qui doivent être pris en compte dans la planification budgétaire, prévoir plus de bornes que de bus. Plusieurs nouvelles questions ont été soulevées : en cas de panne majeure, devrions-nous avoir une méga génératrice ? Comment nous assurer de ne pas avoir de surcharge sur notre facture d'électricité causée par une pointe durant l'hiver ? Quelle(s) formation(s) doit-on prévoir ? Faut-il se procurer de nouveaux outils. Il ne faut pas hésiter à en parler avec la FTA qui saura conseiller les transporteurs sur ces sujets. De plus, il faut se poser la question de la taille de la batterie et s'assurer que le véhicule que l'on choisit est bien adapté à nos opérations.

Il est important que tous les acteurs du projet travaillent en parallèle pour éviter des surprises comme nous avons vécu lors des projets de reconversion des infrastructures. En voici quelques exemples: dérogation pour pouvoir mettre un conteneur dans notre cour, demande des autorisations à des voisins pour ajout de poteaux sur leurs terrains, surcharge du réseau Hydro-Québec sur filage désuet qui a cédé, plainte des voisins sur le bruit des ventilateurs des autobus qui fonctionnent lors de la recharge par temps chaud, surprise lors de l'installation qui augmente les coûts du projet, etc. »

5.1.3 Avoir une vision à long terme

Autobus Groupe Séguin Inc. offre un service de transport scolaire avec plus de 345 véhicules réguliers et adaptés desservant sept centres de services scolaires et plusieurs collèges privés dans la grande région de Montréal. Avec des commandes de 115 autobus électriques, incluant 70 LionC et 45 LionA, le groupe est l'un des transporteurs les plus ambitieux au Québec en termes d'électrification des autobus scolaires. L'entreprise a pour objectif d'électrifier 75 % de sa flotte d'ici 2030 et se donne les moyens d'y parvenir.

L'entreprise a déjà testé plusieurs autobus électriques, et a pu noter que le véhicule maintient une autonomie d'au moins 145 km, même en hiver. Avec les parcours planifiés, l'autobus revient la plupart du temps au garage avec près de 50 % de charge restante. Ainsi il n'y a jamais eu d'enjeux d'autonomie dans les déploiements menés.

L'entreprise a choisi de faire appel aux services de Cléo pour être accompagnée dans l'intégration de l'infrastructure de recharge et de distribution électrique. Pour se faire, Cléo a conceptualisé un conteneur permettant d'alimenter jusqu'à 22 bornes de recharge. Actuellement, 12 bornes sont en utilisation. Les autres seront installées au moment où les nouveaux véhicules électriques seront présents au garage. L'entente liant Autobus Séguin avec Cléo prévoit deux bornes supplémentaires pour rapidement remplacer les autres bornes en opération si celles-ci venaient à briser.

L'équipe d'entretien du Groupe Séguin est composée de plusieurs mécaniciens dont certains ont la compétence pour réaliser l'entretien sur les composantes électriques des autobus. Selon eux, la plupart des problèmes liés aux autobus électriques sont causés par des petits composants électroniques qui doivent être remplacés avec de l'équipement adapté. Pour accueillir les autobus électriques, Autobus Séguin a dû effectuer des changements dans la zone d'atelier en achetant des outils spécifiques isolés pour les autobus électriques. Une fois que le fabricant a reçu la confirmation que ces équipements étaient achetés et reçus, celui-ci a partagé les documents de maintenance nécessaire avec l'entreprise.

Pour gérer la recharge des véhicules et leurs opérations, le groupe utilise la plateforme intelligente développée par Cléo dans le cadre de son projet pilote avec Autobus Groupe Séguin Inc. qui prédit les besoins énergétiques des véhicules et assure une recharge fiable afin qu'ils puissent effectuer leurs circuits au coût d'électricité le plus bas.

**Conseils de Stéphane Boisvert, président des Autobus Groupe Séguin Inc.,
pour réussir ses projets d'électrification :**

« Le point de départ d'une bonne transition énergétique débute avec une bonne planification stratégique du plan de déploiement, comportant le choix du véhicule ainsi que la sélection des infrastructures futures nécessaire. Il est primordial d'avoir une vision à moyen long terme pour les besoins d'électrification, car cela viendra influencer le choix et le déploiement des infrastructures. Ensuite, débute le volet opération des véhicules et ses défis, d'où l'importance du choix de bons consultants, qui sont d'ailleurs de plus en plus nombreux sur le marché. »

5.2 Des ressources pour soutenir les projets

L'un des messages importants de ce guide est que les transporteurs ne sont pas seuls pour faire face à ce grand virage vers l'électrification de leur parc d'autobus. De nombreux experts sont prêts à conseiller, guider et accompagner en s'adaptant aux contraintes de chaque opérateur. De plus, les fabricants développent un éventail de services d'accompagnement technique pour chacune des étapes de mise en œuvre. Il est aujourd'hui possible d'aller chercher des opinions de plusieurs spécialistes différents, ce qui était très difficile jusqu'à tout récemment.

Également, les opportunités de financement et de subvention se multiplient pour permettre aux projets d'électrification de démontrer un retour sur investissement pour soutenir le développement de l'industrie.

Les leçons apprises collectées auprès des membres du Comité d'électrification de la FTA durant la rédaction de ce guide témoignent de l'ouverture des membres de l'association à partager les fruits de leurs projets, à relever les solutions mises en place et à solliciter des conseils auprès du reste de l'industrie.

Ainsi, de plus en plus de ressources se mobilisent pour aider les transporteurs dans leur transition énergétique pour soutenir les efforts à l'échelle de la province du Québec.

Conclusions

De par la disponibilité d'une électricité propre, peu chère et fiable, l'électrification des transports scolaires présente de nombreuses opportunités pour les transporteurs québécois. Grâce à cette technologie, ceux-ci peuvent participer à l'effort collectif de réduction des GES tout en maintenant le même niveau d'offre de service pour les écoliers.

Ce guide a permis de mettre en lumière les caractéristiques clés des autobus électriques comparés aux autobus diesel.

Lorsqu'il est question d'électrification, il faut considérer avec autant d'importance les véhicules que l'infrastructure de recharge, les logiciels de gestion d'opération et la reconversion des bâtiments et des ateliers de maintenance.

Ces trois éléments doivent être planifiés de manière synchronisée pour s'assurer que les autobus électriques puissent répondre aux besoins des utilisateurs.

En évaluant les différentes options de recharge disponibles sur le marché, il apparaît que la recharge de niveau 2 dans les stationnements de nuit sera probablement la stratégie prédominante des projets de transition, car elle peut répondre à la plupart des besoins des transporteurs. La recharge de niveau 3 pourrait répondre à des besoins de recharge plus rapide et plus fréquente, selon les trajets et l'autonomie de véhicule requis et pour plus de redondance, mais cette option demeure dispendieuse.

Les services après-vente et d'accompagnement disponibles au Québec ont également été revus. Le marché de l'électrification au Québec est en pleine effervescence et produit des innovations qui visent à diminuer les coûts, augmenter l'efficacité et diminuer les émissions. Des efforts importants sont investis dans la recherche et le développement des batteries ainsi que de leur recyclage. Les transporteurs pourront compter sur ces innovations pour faciliter l'intégration des autobus scolaires avec le temps. Cependant, ces innovations ne peuvent qu'être utiles et commercialisées à grande échelle que si elles sont testées et progressivement adoptées. Les transporteurs sont donc invités à faire preuve d'audace et de montrer qu'ils peuvent relever les défis de ces nouvelles technologies notamment grâce à la pluralité des financements disponibles. Le Québec peut définitivement se positionner comme un leader mondial dans l'électrification du transport scolaire.

Ce guide a également eu pour objectif de définir les grandes étapes de réalisation pour réussir la conversion vers l'électrification, notamment en matière de planification, de questions à se poser avant l'achat, d'intégration progressive, d'adaptation des bâtiments et de mise en service.

Ces grandes étapes peuvent être utilisées comme des lignes directrices et sont importantes pour comprendre l'ampleur du changement et des efforts à prévoir pour la transition.

Un mot d'ordre demeure : vous n'êtes pas seuls. Tous les transporteurs au Québec, petits et grands, ont l'opportunité de montrer l'exemple partout au Québec, dans les régions, auprès des familles et des futures générations. En ce sens, l'organisme Propulsion Québec souhaite guider l'écosystème pour l'aider à rayonner et à accélérer la transition énergétique dans les transports. Nous espérons que ce guide vous a été utile dans vos réflexions et vous permettra de planifier à bien vos prochaines étapes en électrification.



Guide
TRANSPORTEUR+

