



ÉTUDE

ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS COLLECTIFS AU BAS-SAINT-LAURENT



**CONSEIL RÉGIONAL DE
L'ENVIRONNEMENT DU
BAS-SAINT-LAURENT**

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Patrick Morin est agent de développement en environnement et développement durable au Conseil régional de l'environnement du Bas Saint-Laurent (CREBSL) depuis 2010. Il y est notamment responsable de la démarche de réduction de la dépendance au pétrole et de plusieurs dossiers relatifs à l'énergie. Il a mené les différentes étapes de concertation, de consultation et d'analyse du projet, et il est le principal rédacteur de cette étude.

Marie-Hélène Ouellet D'Amours est agente d'information en environnement et développement durable au CREBSL, responsable notamment du dossier de l'adaptation aux changements climatiques. Elle a collaboré à la cueillette de données et à la rédaction de cette étude.

Luce Balthazar est directrice générale du CREBSL depuis plus de 25 ans. Elle possède une vaste expertise dans les domaines du développement durable et des politiques publiques, dont celles relatives à l'énergie, aux transports et aux changements climatiques. Elle est membre de plusieurs comités du Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement du Québec (RNCREQ), dont celui sur l'énergie. Elle a été responsable de l'encadrement du projet et conseillère à la rédaction.

Révision linguistique

Éliane Vincent, Studios Sigma

Graphisme et impression

Base 132

ISBN 978-2-9817239-0-1 (version imprimée)

ISBN 978-2-9817239-1-8 (PDF)

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2018

© CREBSL, 2018

88, rue Saint-Germain Ouest, bureau 104, Rimouski (Québec) G5L 4B5

Référence suggérée

Morin, P., M.-H. O. D'Amours et L. Balthazar. *Électrification des transports collectifs au Bas-Saint-Laurent*. Conseil régional de l'environnement du Bas Saint-Laurent, 2017. 68 p.

Crédits photos de la couverture

Joan Sullivan et CREBSL

Cette étude a été rendue possible grâce à la participation financière du Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD)



**FONDS D'ACTION
QUÉBÉCOIS** POUR LE
DÉVELOPPEMENT DURABLE

En partenariat avec

Québec 

 **Fondsvert**

REMERCIEMENTS

Partenaires



Le CREBSL tient à remercier le comité consultatif régional du projet « Transports collectifs dans les MRC du Bas-Saint-Laurent : l'électricité et le biogaz comme alternatives au pétrole », composé de représentants des organismes suivants :

- Association des véhicules électriques du Québec (AVÉQ)
- Collectif régional de développement (CRD)
- Groupe Collegia – Cégep de Rivière-du-Loup
- Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET)
- MRC des Basques
- MRC du Kamouraska
- MRC de La Matanie
- MRC de La Matapédia
- MRC de La Mitis
- MRC de Rimouski-Neigette
- MRC de Rivière-du-Loup
- MRC du Témiscouata
- Société d'économie mixte d'énergie renouvelable de la région de Rivière-du-Loup (SEMER)
- Table des préfets du Bas-Saint-Laurent
- Transport Pascal Ouellet

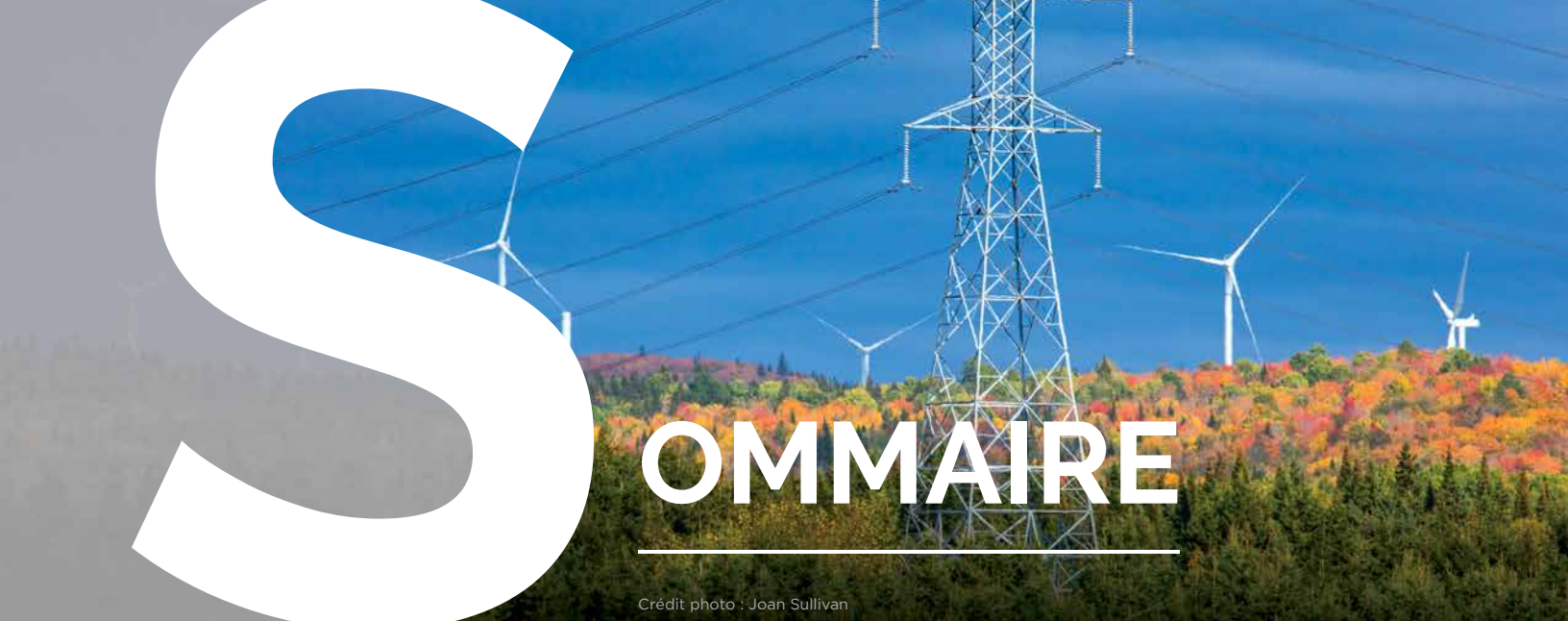
Le CREBSL tient également à remercier les partenaires suivants pour leur contribution significative au contenu de l'étude : Marc-Éric Ringuet et Marc-André Pagé (La compagnie électrique Lion) et Sylvain Castonguay (Nordresa), solutions minibus; Gilles Bérubé (Transport Pascal Ouellet), solutions minibus et infrastructures de recharge; Simon Bossé (MRC du Témiscouata) et Renaud Cloutier (Circuit électrique), solutions de recharge; Laurence Clair et Jacques Deslauriers (Gestrans), plans de transport; Mylène Soucy (Trans-apte), Marie-Julie Savard (Groupe La Québécoise) et André Arseneault (Citébus), coûts d'achat et d'entretien des minibus à essence; Christian Roy (Taxi Tesla Québec) et Stéphane Dionne (Taxi 800), solutions taxis; Caroline Gendreau (cégep de Rivière-du-Loup), formation; Isabelle Gattaz et Luc Beaudin (MTMDET), programmes de financement; Marie-France Laurin (Transdev), électrification minibus.



À PROPOS DU CONSEIL RÉGIONAL DE L'ENVIRONNEMENT DU BAS-SAINT-LAURENT

Le CREBSL est un organisme de concertation régionale en matière de protection de l'environnement et de développement durable qui fut créé à la suite d'une volonté régionale en 1977. Aujourd'hui, il fait partie du RNCREQ, qui comprend seize conseils de l'environnement regroupant plus de 1000 organismes. Le CREBSL conseille tout intervenant préoccupé par l'environnement et il soutient les principes du développement durable auprès de la communauté et des instances décisionnelles. Les principaux dossiers traités correspondent aux particularités du milieu bas-laurentien et aux attentes de plus en plus nombreuses de celui-ci.

Pour plus d'information, visitez le www.crebsl.com.



SOMMAIRE

Crédit photo : Joan Sullivan

Les gaz à effet de serre (GES) libérés par l'activité humaine contribuent à perturber l'équilibre climatique de la planète et à occasionner un réchauffement global qui inquiète grandement la communauté mondiale. Face à l'urgence d'agir, pour se donner une vision à long terme au-delà de 2020 et en écho aux appels de la communauté internationale, le gouvernement du Québec a adopté une cible visant à réduire ses GES de 20 % sous le niveau de 1990 d'ici 2020, et de 37,5 % sous le niveau de 1990 à l'horizon 2030.

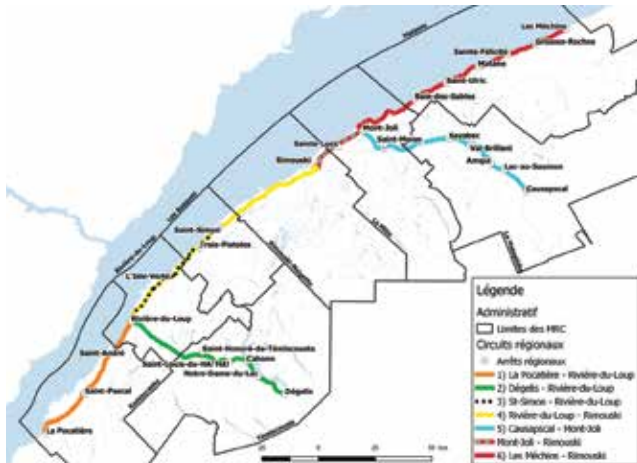
Au Bas-Saint-Laurent (BSL), près de 500 millions de litres de pétrole sont consommés annuellement, dont 82 % pour le transport. Les transports routiers consomment à eux seuls 72 % du total du pétrole utilisé au BSL. Le transport de personnes est en grande partie (environ aux 2/3) responsable de cette consommation, et le type de véhicule majoritairement (à 85 %) employé pour cela est l'automobile.

Les élus du BSL se sont engagés dans une démarche d'élaboration de plans de transport collectif, afin de rehausser le niveau de services et de contribuer à réduire la consommation de pétrole et les émissions de GES dans ce secteur. Cependant, les nouveaux plans de transport intra et intermunicipalités régionales de comté (MRC) ne couvrent pas en détail l'aspect du choix des véhicules; c'est-à-dire qu'ils ne comparent pas les différents carburants ou sources d'énergie pouvant servir à propulser ces services de transport collectif. Autrement dit, sans un accompagnement spécifique, les élus ne seront pas outillés adéquatement afin d'évaluer, dès la phase de planification des futurs transports collectifs, la possibilité d'opter pour des énergies renouvelables.

Cette étude a pour objectif de documenter, comparativement au pétrole, les avantages économiques, environnementaux et sociaux de l'utilisation de l'électricité comme moyen alternatif de propulser le transport collectif au BSL.

Si le transport collectif, en soi, représente un outil important pour diminuer les impacts environnementaux, sociaux et économiques du transport de personnes, l'électrification des transports collectifs représente une opportunité d'amplifier les gains pour l'environnement, la santé et la société. La fabrication des véhicules électriques engendre moins de pollution et de plus, le Québec est l'un des endroits les plus propices au monde pour utiliser l'électricité comme énergie de remplacement au pétrole, puisqu'elle y est presque entièrement renouvelable.

Circuits régionaux de minibus potentiellement électrifiés



Plusieurs facteurs indiquent que la filière de l'électrification a atteint un stade de maturité suffisant pour qu'elle puisse s'accaparer plus rapidement qu'anticipé une part importante du transport de personnes. L'électrification des transports peut être considérée comme une innovation de rupture (par rapport au moteur à combustion omniprésent aujourd'hui), c'est-à-dire qu'elle suit une courbe d'adoption technologique non linéaire, puisque la rapidité avec laquelle elle est adoptée s'accroît, plutôt que de suivre une trajectoire constante ou linéaire.

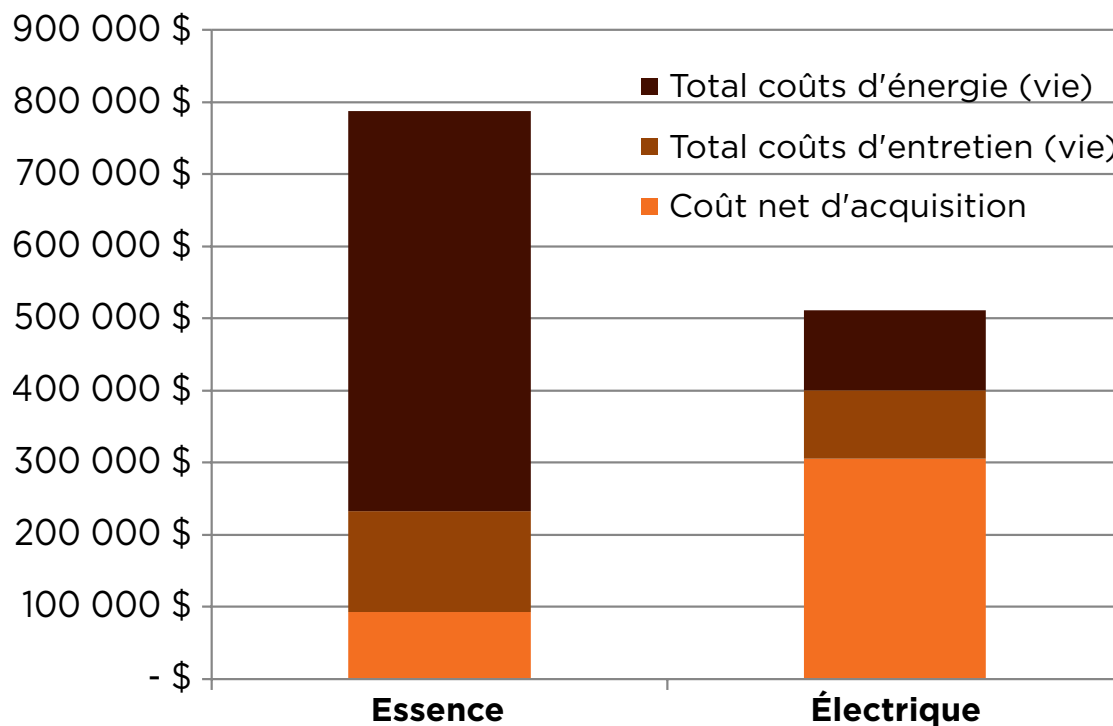
Le comparatif économique des minibus démontre que le coût total de possession (CTP) pour un minibus électrique est près de la moitié de celui d'un minibus à essence, ce qui fait que **la solution électrique est très profitable, même en l'absence de tout programme de subvention.**

De plus, l'analyse de la faisabilité des trajets démontre qu'il est **possible d'électrifier l'ensemble des six circuits régionaux reliant les MRC entre elles.** Cette possibilité repose notamment sur une recharge plus puissante (100 kilowatts (kW)) à certains arrêts, et sur une rigoureuse planification des horaires et de la stratégie de recharge.

Cette étude démontre aussi qu'il est **possible d'offrir l'entièreté du service de rabattement par taxibus vers les circuits régionaux de minibus avec les modèles de véhicules entièrement électriques (VEÉ) existants.** La question n'est donc pas de savoir si l'autonomie des VEÉ est suffisante, mais plutôt de déterminer quel modèle est le mieux adapté à chacun des trajets de taxibus.

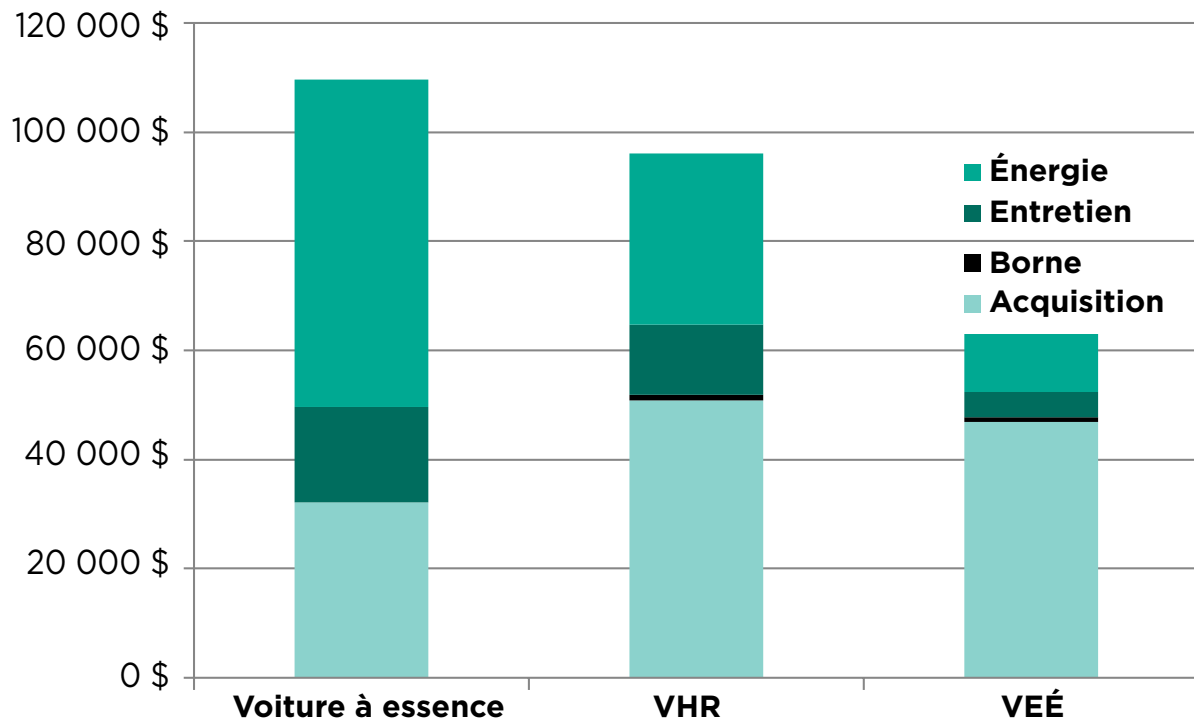
À l'instar de la comparaison économique du CTP des minibus, celle des taxibus démontre aussi qu'il est nettement avantageux d'opter pour des VEÉ comparativement aux voitures à essence. Les véhicules hybrides rechargeables (VHR) sont moins avantageux que les VEÉ, surtout à cause des coûts d'énergie.

Coût total de possession | Minibus



Comparaison du CTP pour un minibus à essence et électrique sur une période de 10 ans

Coût total de possession | Taxibus Trajet courts et moyens



Comparaison du CTP sur 10 ans; voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxibus pour les trajets courts et moyens

Une démarche de **planification des infrastructures** de recharge à l'intention des gestionnaires de bâtiments et de véhicules de transport collectif, ainsi qu'une proposition de **réseau régional de bornes** font également partie de l'étude.

À la lumière des résultats de cette analyse, le CREBSL affirme sans hésiter que l'électrification des transports collectifs proposée dans le plan de transport est non seulement possible, mais souhaitable à plusieurs égards. Il s'agit bel et bien d'une opportunité qui devrait s'avérer structurante pour la région, novatrice, et capable de générer des bénéfices sociaux, environnementaux et économiques.

Conséquemment, le CREBSL recommande :

1. de déployer dès 2018 le réseau de bornes.
2. d'opter pour des minibus électriques lors de la mise en place des circuits régionaux de transport collectif inter-MRC.
3. d'amorcer en 2018 l'électrification progressive de la flotte de taxis requise pour le service de rabattement vers les minibus électriques.
4. aux décideurs de prévoir des budgets conséquents pour pallier aux imprévus et répondre aux besoins liés à l'électrification des transports.

TABLE DES MATIÈRES

Équipe de réalisation	ii
Remerciements	iii
À propos du Conseil régional de l'environnement du Bas-Saint-Laurent.....	iv
Sommaire	v
Liste des figures.....	x
Liste des tableaux.....	xi
Liste des sigles, acronymes et symboles	xii
1. MISE EN CONTEXTE	1
1.1. Les liens entre le climat et le transport collectif.....	1
1.1.1. Le réchauffement du climat	1
1.1.2. Liens entre les GES, le pétrole et les transports.....	2
1.2. Politiques, programmes et outils financiers pour les transports collectifs et l'électrification des transports	3
1.2.1. Le PACC, le Fonds vert et le marché de carbone (MDDELCC).....	3
1.2.2. La politique énergétique et Transition énergétique Québec (MERN)	4
1.2.3. Le PAET et la Politique de mobilité (MTMDET).....	4
1.3. Le Bas-Saint-Laurent, terreau fertile pour l'électrification des transports.....	5
1.3.1. Contexte bas-laurentien.....	5
1.3.2. La prise en main du transport collectif par les MRC.....	5
1.3.3. L'opportunité d'innovation verte	6
1.4. Objectif du projet	7
2. POURQUOI L'ÉLECTRIFICATION?.....	9
2.1. Gains environnementaux	9
2.1.1. Réduction des GES	9
2.1.2. Fabrication des véhicules électriques	11
2.2. Gains pour la santé et la société	12
2.3. Maturité de la filière	12
3. PLANS DE TRANSPORT COLLECTIF.....	15
3.1. Service local (intra-MRC).....	15
3.2. Service régional (inter-MRC)	16
3.2.1. Circuits régionaux	16
3.2.2. Rabattement par taxibus.....	16
3.3. Immobilisations et aménagement.....	18

4.	MINIBUS.....	19
4.1.	Véhicules comparés.....	19
4.1.1.	Girardin G5 (Référence)	20
4.1.2.	eLIONM.....	20
4.2.	Comparaison économique – Minibus	22
4.2.1.	Paramètres	22
4.2.2.	Coût d'acquisition.....	23
4.2.3.	Coûts d'opération.....	24
4.2.4.	Coût total de possession (CTP)	26
4.3.	Faisabilité des trajets de minibus.....	30
4.4.	Connexions interrégionales.....	33
4.5.	Avantages et inconvénients des minibus électriques	34
5.	TAXIBUS.....	35
5.1.	Véhicules électriques existants	35
5.1.1.	Types de véhicules électriques	35
5.1.2.	Modèles de véhicules offerts	36
5.2.	Faisabilité des trajets	37
5.2.1.	Longueur des trajets	37
5.2.2.	Autonomie nécessaire et facteurs l'affectant	37
5.3.	Comparaison économique – Taxibus	40
5.3.1.	Comparaison du coût total de possession.....	41
5.3.2.	Comparaison basée sur le surcoût.....	46
5.4.	Flottes de transport.....	48
6.	BORNES	49
6.1.	Types de bornes de recharge.....	49
6.2.	Planification des infrastructures de recharge.....	50
6.3.	Élaboration d'un réseau de bornes de recharge publiques	53
6.3.1.	Proposition de déploiement du réseau au BSL	55
7.	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	57

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Distribution statistique des différents mix électriques nationaux telle que documentée dans la base de données d'inventaire du cycle de vie ecoinvent.....	10
Figure 2.	Comparaison du véhicule électrique et du véhicule conventionnel dans des conditions d'utilisation au Québec.	10
Figure 3.	Analyse comparative entre les véhicules électrique et conventionnel après 150 000 km (catégories d'impact).	11
Figure 4.	Prévisions récentes (<i>new forecast</i>) et précédentes (<i>old forecast</i>) du taux de pénétration des voitures électriques à l'échelle du globe (<i>battery electric vehicle, worldwide</i>), en réaction à la baisse du coût des batteries (<i>battery cost, €/kWh</i>).	12
Figure 5.	Projections exponentielle et linéaire du nombre de véhicules électriques au Québec.....	13
Figure 6.	Scénarios de consommation de combustibles fossiles à l'horizon 2040.....	13
Figure 7.	Exemple de la non-linéarité de l'innovation de rupture qu'on anticipe avec l'électrification des transports.....	14
Figure 8.	Autobus scolaire électrique eLion utilisé pour le service La Navette de Saint-Jérôme.	15
Figure 9.	Minibus de type Girardin G5 recommandé par Gestrans pour le circuit régional.....	16
Figure 10.	Taxibus.....	16
Figure 11.	Carte des circuits proposés par Gestrans dans le plan de transport pour la région du Bas-Saint-Laurent.....	17
Figure 12.	Le Girardin G5 et sa plateforme élévatrice.....	20
Figure 13.	Vue extérieure, intérieure (incluant l'espace pour les fauteuils roulants), et permutation des batteries du eLIONM.....	21
Figure 14.	Coûts annuels d'opération d'un minibus à essence comparativement à un minibus électrique.....	26
Figure 15.	Variabilité des prix des produits pétroliers comparativement à l'électricité et à l'indice des prix à la consommation (IPC).....	27
Figure 16.	Comparaison du CTP pour un minibus à essence et électrique sur une période de 10 ans.....	28
Figure 17.	Projection des coûts annuels (acquisition et opération) sur 10 ans. Le point d'équivalence est atteint durant la quatrième année.....	28
Figure 18.	Cartes des circuits régionaux de minibus pouvant être électrifiés.....	31
Figure 19.	Circuit régional du BSL et connectivité potentielle avec les réseaux de transport collectif des régions voisines et le Nouveau-Brunswick.....	33
Figure 20.	Exemples du point d'équivalence auquel le surcoût d'achat d'un véhicule électrique est amorti et les économies après 200 000 km.....	40
Figure 21.	Comparaison des composantes du CTP sur 10 ans; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxibus pour les trajets courts et moyens.....	44
Figure 22.	Comparaison des composantes du CTP sur 10 ans; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ (Tesla S) comme taxibus pour le trajet long.....	46
Figure 23.	Schéma décisionnel résumant les questions pouvant orienter la planification des infrastructures de recharge pour les transports collectifs ou autre flotte de véhicules.....	52
Figure 24.	Carte des bornes de recharge de niveau 2 et BRCC au Bas-Saint-Laurent.	53
Figure 25.	Carte des bornes de recharge de niveau 2 au Bas-Saint-Laurent.....	54
Figure 26.	Carte des bornes de recharge rapide (BRCC) au Bas-Saint-Laurent.	54
Figure 27.	Carte des carences en bornes de recharge rapide (400 V+), identifiées par le CREBSL (bulles «50 kW» et «100 kW»).	56
Figure 28.	Séquence de mise en œuvre des recommandations du CREBSL sur l'électrification des transports au Bas-Saint-Laurent.....	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Paramètres généraux et énergétiques pour la comparaison des véhicules à essence et électrique	22
Tableau 2.	Légende expliquant les codes de couleurs pour les cellules des tableaux.....	23
Tableau 3.	Coûts d'acquisition estimés des véhicules à essence et électrique	23
Tableau 4.	Types d'entretien évités ou réduits dans un véhicule électrique comparativement à un véhicule à essence.....	24
Tableau 5.	Estimation du carburant utilisé pour le chauffage et son coût pour les minibus électriques	25
Tableau 6.	Coûts d'opération par km et annuel des minibus	26
Tableau 7.	Estimation du coût total de possession (CTP) des minibus.....	27
Tableau 8.	Comparaison économique des coûts d'acquisition, d'opération et du CTP des options essence et électrique pour les six trajets de minibus proposés dans les plans de transport au BSL.....	29
Tableau 9.	Description des trajets de minibus proposés dans les plans de transport	30
Tableau 10.	Exemple de calcul de l'autonomie et de la recharge (trajet de minibus Rivière-du-Loup – Rimouski) pour analyser la faisabilité des trajets.....	32
Tableau 11.	Synthèse des principaux avantages et inconvénients des minibus électriques comparativement aux modèles à essence.....	34
Tableau 12.	Caractéristiques des types de véhicules électriques et hybrides	35
Tableau 13.	Principaux modèles de véhicules électriques actuellement ou bientôt sur le marché.....	36
Tableau 14.	Principaux modèles de véhicules hybrides rechargeables actuellement ou bientôt sur le marché	37
Tableau 15.	Routes de rabattement de taxibus proposées par GESTRANS, incluant la distance et la durée (aller seulement) ainsi que les trajets effectués par jour. La MRC d'appartenance, la localité de départ, celles parcourues en courts de trajet, la destination de même que les correspondances avec les circuits régionaux de minibus sont indiquées.....	38
Tableau 16.	Paramètres généraux et caractéristiques des véhicules, scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour les trajets courts et moyens.....	41
Tableau 17.	Frais relatifs à l'achat d'une borne de recharge; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour les trajets courts et moyens.....	42
Tableau 18.	Utilisation d'énergie; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour les trajets courts et moyens.....	42
Tableau 19.	Entretien et coût total de possession sur 10 ans; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour les trajets courts et moyens.....	43
Tableau 20.	Paramètres généraux et caractéristiques des véhicules; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour le trajet long	44
Tableau 21.	Utilisation d'énergie; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour le trajet long	45
Tableau 22.	Entretien et coût total de possession sur 10 ans; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour le trajet long	45
Tableau 23.	Calcul du point d'équivalence et du surcoût d'un VEÉ comparativement à un véhicule à essence.....	47
Tableau 24.	Caractéristiques des bornes de recharge 240 V et 400 V+	50
Tableau 25.	Description des types de bornes adaptés aux usages du réseau de recharge	52
Tableau 26.	Modèle de grille d'analyse de l'emplacement potentiel pour l'installation des bornes de recharge standard (240 V) d'un réseau public ou partagé.....	55

LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET SYMBOLES

ACV	Analyse du cycle de vie
AEC	Attestation d'études collégiales
AVÉQ	Association des véhicules électriques du Québec
BRCC	Bornes de recharge à courant continu
BSL	Bas-Saint-Laurent
CIRAIG	Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services
CRD	Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent
CREBSL	Conseil régional de l'environnement du Bas-Saint-Laurent
CRÉ	Conférence régionale des élus
CTP	Coût total de possession
FAQDD	Fonds d'action québécois pour le développement durable
FARR	Fonds d'appui au rayonnement des régions
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IPC	Indice des prix à la consommation
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IVI	Institut du véhicule innovant
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattheure
MAMOT	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MEC	Mobilité électrique Canada
MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
MRC	Municipalité régionale de comté
Mt éq. CO ₂	Millions de tonnes équivalentes de CO ₂
MTMDT	Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports
MTQ	Ministère des Transports du Québec
ONE	Office national de l'énergie
PACC	Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques
PAET	Plan d'action en électrification des transports
RÉGÎM	Régie intermunicipale de transport Gaspésie - Îles-de-la-Madeleine
RNCREQ	Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement du Québec
SAUVÉR	Système d'autopartage avec véhicule électrique en région
SEMER	Société d'économie mixte d'énergie renouvelable de la région de Rivière-du-Loup
SPEDE	Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission
TEQ	Transition énergétique Québec
TAC	Transport adapté et collectif
TOD	<i>Transit-oriented development</i>
STM	Société de transport de Montréal
V	Volt
VEÉ	Véhicule entièrement électrique
VÉAP	Véhicule électrique à autonomie prolongée
VHR	Véhicule hybride rechargeable
VZE	Véhicule zéro émission





MISE EN CONTEXTE

Crédit photo : Joan Sullivan

1.1. LES LIENS ENTRE LE CLIMAT ET LE TRANSPORT COLLECTIF

1.1.1. LE RÉCHAUFFEMENT DU CLIMAT

Les gaz à effet de serre (GES) libérés par l'activité humaine contribuent à perturber l'équilibre climatique de la planète et à occasionner un réchauffement global qui inquiète grandement la communauté mondiale.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) documente les effets du réchauffement depuis 1988 et ses conclusions sont de plus en plus alarmantes avec le temps. Selon leur cinquième rapport d'évaluation¹, les trente dernières années affichent des records de chaleur et la tendance moyenne des températures indique un réchauffement avoisinant 0,85 °C depuis 1880. De plus, et cela touche particulièrement les régions côtières, le niveau moyen des océans s'est élevé d'environ 0,2 m à l'échelle du globe depuis environ un siècle. Les scientifiques du GIEC démontrent également d'une façon probante que l'action humaine joue un rôle déterminant sur ce réchauffement global.

Le Québec, avec ou à cause de la pression citoyenne, a pris pleinement conscience des risques associés aux changements climatiques. Il a adopté des engagements sérieux pour réduire ses émissions de GES et pour s'adapter aux impacts du réchauffement qui touchent déjà le territoire québécois (par exemple, les risques côtiers et les perturbations du régime hydrique). Pour ces raisons, le gouvernement du Québec a adopté une première stratégie en 2012², et il s'est doté d'une cible de réduction des émissions de GES de 20 % sous le niveau de 1990 d'ici 2020 avec le Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC)³.

Face à l'urgence d'agir, pour se donner une vision à long terme au-delà de 2020 et en écho aux appels de la communauté internationale, le gouvernement du Québec a aussi adopté une cible visant à **réduire ses GES de 37,5 % sous le niveau de 1990 à l'horizon 2030**⁴.

Il a de plus adhéré en 2015 au Protocole d'accord sur le leadership climatique mondial, nommé *Under 2 MOU (Memorandum of Understanding)*, une coalition d'états et de provinces parmi les plus riches. Cette coalition a pour objectif de limiter le réchauffement à moins de 2 °C et de réduire ses émissions de 80 à 95 % d'ici 2050, tel que proposé par le GIEC aux pays industrialisés⁵.

¹ GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT (GIEC). *Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, GIEC, 2014 [En ligne].

² MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*, MDDEP, 2012 [En ligne].

³ MDDEP. *Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques*, MDDEP, 2012 [En ligne].

⁴ COMMISSION DES TRANSPORTS ET DE L'ENVIRONNEMENT. *Rapport. Consultations particulières et auditions publiques sur le document de consultation intitulé : « Cible de réduction d'émissions de gaz à effet de serre du Québec pour 2030 »*, Assemblée nationale. Première session, quarante et unième législature, 2015 [En ligne].

⁵ MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). *Engagements du Québec*. [En ligne : mdelcc.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/engagement-quebec.asp] (Consulté le 8 novembre 2017).

1.1.2. LIENS ENTRE LES GES, LE PÉTROLE ET LES TRANSPORTS

Selon l'inventaire québécois des émissions de GES produit par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), le Québec produisait en 2014 des émissions égalant 82,1 Mt éq. CO₂⁶ et les données montrent que le secteur des transports est celui qui en génère le plus, soit 41 % des émissions totales. Le transport routier quant à lui représente 82 % des émissions du secteur des transports, équivalent à 33,6 % des émissions totales de GES⁷.

Ce bilan indique également que « le transport routier a vu ses émissions de GES augmenter de 26,9 % entre 1990 et 2014, avec une augmentation quasi constante de 1991 à 2007, suivie d'une baisse graduelle par la suite. »⁸. En effet, les GES du secteur des transports en 2013 atteignaient 43 % des émissions québécoises, et la part du transport routier représentait 78,2 % de ces émissions ou 33,6 % des émissions totales de GES.

Si le transport, et particulièrement le transport routier, est le secteur qui émet le plus de GES dans la province, c'est parce qu'il utilise presque exclusivement des produits pétroliers pour assurer les déplacements de personnes et de marchandises. D'après les données publiées par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) dans la Politique énergétique 2030⁹, la consommation de produits pétroliers des Québécois en 2013 se chiffrait à 18 milliards de litres ou l'équivalent de 35 barils de pétrole par personne par année et, ajoute-t-on, « À lui seul, le secteur des transports consomme 75 % de la totalité des produits pétroliers utilisés au Québec à des fins énergétiques. »¹⁰.

Au Bas-Saint-Laurent (BSL), près de 500 millions de litres de pétrole sont consommés annuellement dont 82 % pour le transport. Les transports routiers consomment à eux seuls 72 % du total de pétrole utilisé au BSL. Le transport de per-

sonnes est en grande partie (environ aux 2/3) responsable de cette consommation, et le type de véhicule majoritairement employé (à 85 %) pour cela est l'automobile. Ces observations régionales tirées du diagnostic énergétique régional du Conseil régional de l'environnement du Bas-Saint-Laurent (CREBSL)¹¹ concordent avec les statistiques de l'inventaire québécois du MDDELCC et des derniers bilans annuels de mise en œuvre du PACC.

Avec ces données qui démontrent avec forte évidence que le transport routier est le secteur qui constitue la plus grande source d'émission de GES au Québec, il est cohérent que les orientations et politiques gouvernementales en général ciblent tout spécialement le **transport collectif et l'électrification des transports comme moyens de réduction**.



⁶ Millions de tonnes équivalent CO₂ (Mt éq. CO₂) : voir la section 2.1.1 pour plus de détails.

⁷ MDDELCC. *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2014 et leur évolution depuis 1990*, 2016. [En ligne].

⁸ MDDELCC. *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2014 et leur évolution depuis 1990*, 2016, p.14

⁹ MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES (MERN). *Politique énergétique 2030*, MERN, 2016

¹⁰ MERN. *Politique énergétique 2030*, 2016, p.19

¹¹ CONSEIL RÉGIONAL DE L'ENVIRONNEMENT DU BAS-SAINT-LAURENT (CREBSL). *Diagnostic énergétique régional, 2013* [En ligne].

1.2. POLITIQUES, PROGRAMMES ET OUTILS FINANCIERS POUR LES TRANSPORTS COLLECTIFS ET L'ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS

Le nombre de politiques, de programmes et d'outils réglementaires en place témoigne de l'intérêt très élevé des Québécois et des élus à promouvoir un développement important du transport collectif et de l'électrification des transports. La mobilité durable est devenue une orientation phare de la lutte contre les changements climatiques et du développement énergétique québécois. Cette orientation est de nature transversale et s'accompagne d'une panoplie de programmes et d'outils financiers répartis dans différents ministères et organismes gouvernementaux. Plusieurs sont actuellement en vigueur, et de nouveaux seront mis en œuvre en 2018 avec le dévoilement de la politique de mobilité durable et la création de Transition énergétique Québec (TEQ). Les politiques, cadres légaux et programmes principaux qui traitent déjà de l'amélioration de l'offre de transport collectif ainsi que de l'électrification des transports routiers sont détaillés dans les points suivants.

1.2.1. LE PACC, LE FONDS VERT ET LE MARCHÉ DU CARBONE (MDDELCC)

Le PACC 2013-2020 contient 30 priorités et cinq d'entre elles sont liées à la promotion du transport collectif ou alternatif en vue de « favoriser une mobilité durable des personnes et des marchandises »¹². Divers ministères, avec le Fonds vert et les revenus du marché du carbone, sont mis à contribution pour atteindre la cible 2020 du PACC.

Étroitement associé à la mise en œuvre et à l'atteinte des objectifs du PACC, le Fonds vert a été mis sur pied en 2016. Ses revenus sont principalement issus du marché du carbone et ils servent pour une large part à soutenir des initiatives de transport durable (collectif, actif, électrique, etc.). Le marché du carbone demeure l'instrument économique le plus important pour financer les programmes liés au transport dans une démarche de réduction des émissions de GES. Ce marché est en fait un système de plafonnement et d'échange de droits d'émission (SPÉDE)¹³ de GES qui a été institué en 2011, et qui a permis de prendre part au marché du carbone de la *Western Climate Initiative* à partir de 2013.



¹² MDDEP, PACC, 2012, *op. cit.* p. 22

¹³ GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. *Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre*, Décret no 1297-2011, Gazette officielle du Québec, Partie 2, no 50B, 16 décembre 2011, p. 5519B

Le MDDELCC a également instauré la norme véhicules zéro émission, communément appelée « norme VZE », qui est une loi qui gère un système de crédits et de redevances associés à la vente ou à la location de véhicules automobiles¹⁴. L'implantation de cette loi est une mesure incitative pour appuyer la **cible de 100 000 véhicules branchables d'ici 2020 du Plan d'action en électrification des transports (PAET)** administré par le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET)¹⁵.

1.2.2. LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE ET TRANSITION ÉNERGÉTIQUE QUÉBEC (MERN)

Une autre pièce maîtresse à considérer dans le contexte actuel est le récent plan d'action 2017-2020 de la Politique énergétique 2030 du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)¹⁶.

Une des orientations principales de la Politique énergétique 2030 vise à « favoriser la transition vers une économie à faible empreinte carbone d'ici à 2030 »¹⁷. Cette politique contient des engagements pour encourager le transport collectif, collaboratif et actif, et pour améliorer l'offre de services de transport en commun, par exemple.



Le plan d'action 2017-2020 précise ces orientations avec des objectifs regroupés sous le thème « Rouler vert ». Découlant de la Politique énergétique 2030, une nouvelle société d'état, TEQ¹⁸, a été créée afin de coordonner la mise en œuvre des programmes et des mesures nécessaires à l'atteinte des cibles de la politique énergétique, dont celles de diminuer l'empreinte carbone des déplacements routiers. D'autres ministères et organismes de l'État sont également interpellés par la mission de TEQ, qui est en processus d'élaboration de son plan directeur 2018-2023.

1.2.3. LE PAET ET LA POLITIQUE DE MOBILITÉ (MTMDET)

Le MTMDET est un autre pilier important du gouvernement du Québec pour favoriser l'avancement du transport collectif ou électrique. Des mesures concrètes seront annoncées prochainement dans le cadre de la Politique de mobilité durable, en avril 2018. En attendant le dépôt de cette politique, plusieurs initiatives existent déjà, soit le PAET qui ambitionne d'« atteindre un nombre de 100 000 véhicules électriques et hybrides rechargeables immatriculés au Québec » et de « réduire de 150 000 tonnes les émissions annuelles de GES produites par les transports » d'ici 2020¹⁹.

Le MTMDET coordonne ainsi plusieurs programmes d'aide financière, comme le Programme d'aide au développement du transport collectif, qui seront éventuellement modifiés avec la politique à venir.



Crédit photo :
Association des Véhicules Électriques du Québec

¹⁴ GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. *Loi visant l'augmentation du nombre de véhicules automobiles zéro émission au Québec afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants* (LQ, chapitre 23), Éditeur officiel du Québec, 2016

¹⁵ MINISTÈRE DES TRANSPORTS, DE LA MOBILITÉ DURABLE ET DE L'ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS (MTMDET). *Plan d'action en électrification des transports 2015-2020* (PAET), MTMDET, 2015

¹⁶ MERN. *Plan d'action 2017-2020 de la Politique énergétique 2030. Tableau synoptique* [En ligne].

¹⁷ MERN, *Politique énergétique 2030*, 2016, op. cit. p. 14

¹⁸ GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. *Loi sur Transition énergétique Québec* (RLRQ, chapitre T-11.02), Éditeur officiel du Québec, 2016

¹⁹ MTMDET, PAET, 2015, p. 15

1.3. LE BAS-SAINT-LAURENT, TERREAU FERTILE POUR L'ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS

1.3.1. CONTEXTE BAS-LAURENTIEN

Il a été rapporté plus tôt qu'environ 500 millions de litres de produits pétroliers sont consommés annuellement au BSL, dont 82 % pour le transport, et que les transports routiers, qui comprennent surtout le transport de personnes, consomment quant à eux près de 72 % du total.

Dans la foulée des grands événements mondiaux, des engagements sérieux du Québec, des préoccupations sur les énergies fossiles dans la région et des travaux du Plan d'action régional 2013-2020 de réduction de la dépendance au pétrole du CREBSL²⁰, une sensibilisation accrue s'est opérée auprès de la population, des instances municipales et des organismes communautaires et socioéconomiques bas-laurentiens. Des priorités régionales ont été formulées en matière de mobilité durable, sous l'égide de la Conférence régionale des élus (CRÉ) du BSL, du CREBSL ou de l'organisme qui a succédé à la CRÉ : le Collectif régional de développement (CRD) du BSL. Les extraits ci-contre en témoignent avec éloquence.

1.3.2. LA PRISE EN MAIN DU TRANSPORT COLLECTIF PAR LES MRC

Les élus du BSL se sont engagés dans une démarche d'élaboration de plans de transports collectifs, afin de rehausser le niveau de services et de contribuer à réduire la consommation de pétrole et les émissions de GES dans ce secteur. La réalisation de ces plans est possible grâce entre autres au Programme d'aide au développement du transport collectif du MTMDDET.

Les huit municipalités régionales de comté (MRC) du BSL ont donc confié à une firme externe la préparation de nouveaux plans de transport intra et inter-MRC, mais ces plans ne couvrent pas en détail l'aspect du choix des véhicules, c'est-à-dire qu'ils ne comparent pas les différents carburants ou sources d'énergie pouvant servir à propulser ces services de transport collectifs. Autrement dit, sans un accompagnement spécifique les élus ne seront pas outillés adéquatement afin d'évaluer, dès la phase de planification des futurs transports collectifs, la possibilité d'opter pour des énergies renouvelables.

Déclaration pour une stratégie de réduction de dépendance au pétrole : engagement « à réaliser annuellement d'ici 2020 des actions concrètes [...] pour qu'ensemble nous puissions réduire significativement la dépendance au pétrole du Québec [...] ».

–CRÉ, 2011

Vision de mobilité durable : énoncé en faveur d'« un modèle d'engagement et d'innovation au plan de la mobilité des personnes et des marchandises [...] en s'associant à toute initiative visant à changer nos attitudes et nos comportements à l'égard des énergies non renouvelables [...] ».

–CRÉ, 2011

Plan d'action régional 2013-2020 de réduction de dépendance au pétrole : trois actions prioritaires par la Table régionale sur la réduction de dépendance au pétrole, dont « Maintenir et améliorer un système de transport collectif adapté à la faible densité de la population régionale ».

–CREBSL, 2015

Plan de développement 2013-2018 de la région du Bas-Saint-Laurent et Priorités régionales du Fonds d'appui au rayonnement des régions (FARR) :

« Agir pour un environnement sain et une vie de qualité. **Objectif 5** : Participer activement aux efforts de lutte et d'adaptation aux changements climatiques. »

(Pistes : transport responsable, dépendance au pétrole, etc.).

« Agir pour la vitalité des communautés rurales. **Objectif 1** : S'assurer que tous les citoyens et toutes les citoyennes de la région bénéficient d'une mobilité durable. »

(Pistes : transports actifs et collectifs accessibles, etc.)

– CRÉ, 2013 et Comité directeur régional du FARR, 2017

²⁰ CREBSL. Plan d'action régional 2013-2020 de réduction de la dépendance au pétrole, CREBSL, 2015 [En ligne].



Crédit photo : Cégep de Rivière-du-Loup



Crédit photo : Joan Sullivan

Un plus grand recours aux énergies renouvelables aurait l'avantage de permettre de **combinaison la réduction de GES associée au transport collectif** (par rapport à l'auto-solo) à une diminution de GES associée **à l'utilisation d'énergies renouvelables pour les faire fonctionner**.

Le CREBSL estime que la région démontre un intérêt certain pour l'essor des filières d'énergie propre et la réduction de la dépendance aux énergies fossiles. Elle exprime aussi une sensibilité particulière au fait d'assurer l'accessibilité des services et aux avantages socioéconomiques qui en découlent sur le territoire. La vive insatisfaction générée par les coupures de services interurbains par autocar ou par train dans la région depuis quelques années ont renforcé la détermination des élus à déployer un service de transport collectif plus complet. En s'inspirant de l'exemple de la Régie intermunicipale de transport Gaspésie - Îles-de-la-Madeleine (RÉ-GÎM), il serait possible de percevoir le produit d'une **majoration de la taxe sur le litre de carburant pour financer le transport collectif**, en vertu d'une disposition (article 2, 3^e alinéa) de la Loi concernant la taxe sur les carburants²¹.

1.3.3. L'OPPORTUNITÉ D'INNOVATION VERTE

La région présente aussi des opportunités uniques et un terreau fertile en innovations économiques et sociales pour inciter le recours à des alternatives au pétrole dans la foulée des travaux des nouveaux plans de transport dans les MRC.

Le cégep de Rivière-du-Loup, par exemple, offre en 2017 un nouveau programme d'attestation d'études collégiales (AEC) en **Technologie des véhicules électriques**²². Cela ouvre des perspectives intéressantes pour former une main-d'œuvre régionale dans un secteur de pointe, et pour constituer peut-être une offre plus diversifiée de programmes d'étude et en R-D, notamment par du réseautage entre les établissements d'enseignement et des entreprises.

Autre exemple, la Société d'économie mixte d'énergie renouvelable (SEMER) opère une usine de biométhanisation des déchets putrescibles qui s'est lancée dans la production de **biométhane** liquéfié à Cacouna²³.

Les Transports Claude Perron inc. et Transport Pascal Ouellet inc. font circuler le **premier autobus scolaire entièrement électrique**²⁴ sur les routes du Témiscouata tandis que la MRC, en parallèle, innove en installant en 2017 un **circuit étendu de bornes électriques sur son territoire**. Le transporteur, une autre entreprise régionale, pave la voie à des possibilités nouvelles de partenariat pour l'acquisition et l'opération de minibus de transport collectif, notamment à travers ses investissements visionnaires dans les infrastructures de recharge et son accréditation à titre de centre de services pour l'est du Québec, La compagnie électrique Lion.

²¹ GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. *Loi concernant la taxe sur les carburants*, (RLRQ, chapitre T-1), Éditeur officiel du Québec, 1972

²² Voir le document complémentaire disponible sur la page dédiée au projet du site crebsl.com/mobilite/electrification.

²³ SOCIÉTÉ D'ÉCONOMIE MIXTE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE DE LA RÉGION DE RIVIÈRE-DU-LOUP (SEMER). [En ligne: semer.ca (page consultée le 13 novembre 2017)].

²⁴ PELLETIER, M. « Un premier autobus scolaire électrique dans l'Est-du-Québec », *Info Dimanche*, 26 mai 2016 [En ligne].



Crédit photo : CREBSL

1.4. OBJECTIF DU PROJET

Dans ce contexte, le projet du CREBSL intitulé « Transports collectifs dans les MRC du Bas-Saint-Laurent : l'électricité et le biogaz comme alternatives au pétrole » est supporté par le Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD). Il a pour objectif de **documenter, comparativement au pétrole, les avantages économiques, environnementaux et sociaux de l'utilisation de formes d'énergie renouvelables** disponibles régionalement (l'électricité et le biogaz) comme moyens alternatifs de propulser le transport collectif au BSL.

Cependant, il est apparu tôt dans le projet que le biométhane liquéfié produit régionalement par la SEMER ne convenait pas au transport collectif. En effet, les véhicules de transport collectif fonctionnant au gaz sont adaptés au gaz comprimé et non pas au gaz liquéfié. C'est pourquoi la partie du projet portant sur le biogaz est publiée dans un document complémentaire²⁵. Ce document permettra aux décideurs régionaux de mieux cerner les utilisations possibles du biométhane.

Les informations contenues dans la présente étude, ainsi que l'offre d'accompagnement prévue au projet, permettront aux décideurs de faire des choix éclairés en ce qui concerne le transport collectif, et ce, **en considérant l'électrification des véhicules dès la phase de planification**. En menant la réflexion sur cette énergie renouvelable qui pourrait propulser les véhicules lors de la réalisation de leurs plans de transport, les MRC pourront mieux mesurer les bénéfices économiques, sociaux et environnementaux qu'ils pourraient tirer de l'achat de véhicules électriques, et ainsi être prêtes pour de tels appels d'offres.

²⁵ Les documents complémentaires sont disponibles sur la page dédiée au projet du site crebsl.com/mobilite/electrification.





POURQUOI L'ÉLECTRIFICATION?

Crédit photo : Joan Sullivan

Cette section aborde les attributs de l'électricité comme source d'énergie pour le transport, plus particulièrement dans le contexte du développement du transport collectif au BSL. Le texte évoque d'abord des avantages environnementaux de l'utilisation de l'électricité, tant pour diminuer les émissions de GES et la pollution que pour contribuer à résoudre les enjeux liés à la santé et à l'étalement urbain. Par la suite, un survol de la maturité de la filière électrique est présenté.

2.1. GAINS ENVIRONNEMENTAUX

Si l'on veut avoir un portrait réaliste et exhaustif des impacts environnementaux d'un produit, il importe de tenir compte de l'ensemble des impacts qu'il engendre. En cela, l'analyse du cycle de vie s'avère particulièrement éclairante, et c'est pourquoi la présente section de l'étude repose sur une telle analyse faite récemment pour Hydro-Québec à propos du véhicule électrique. La définition suivante de la méthode en est d'ailleurs tirée : « L'analyse du cycle de vie (ACV) représente une méthodologie permettant d'établir la performance environnementale d'un produit ou d'une activité sur l'ensemble de son cycle de vie. Il s'agit donc d'une approche holistique, qui tient compte de l'extraction et du traitement des matières premières, des processus de fabrication, du transport et de la distribution, de l'utilisation et de la gestion du produit en fin de vie »²⁶.

2.1.1. RÉDUCTION DES GES

Les GES principalement émis dans l'atmosphère par le secteur des transports sont le gaz carbonique (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O)²⁷. Parce que le CO₂ est le gaz le plus abondamment émis parmi les GES, le calcul des quantités des autres GES s'effectue sur la base de l'équivalent CO₂ (éq. CO₂). Il s'agit d'une unité de mesure impliquant la conversion des GES autres que le CO₂, ce qui permet de comptabiliser l'ensemble des GES émis. Le bouquet énergétique électrique du Québec, c'est-à-dire l'ensemble des différentes filières de production de son électricité, lui permet de se situer tout au bas de l'échelle mondiale quant au niveau de GES émis par unité d'énergie (Figure 1). Cette particularité indique que le **Québec est l'un des endroits les plus propices au monde pour utiliser l'électricité comme énergie de remplacement du pétrole, en permettant une réduction drastique des GES.**

²⁶ CENTRE INTERNATIONAL DE RÉFÉRENCE SUR LE CYCLE DE VIE DES PRODUITS, PROCÉDÉS ET SERVICES (CIRAIG). *Analyse du cycle de vie comparative des impacts environnementaux potentiels du véhicule électrique et conventionnel dans un contexte d'utilisation québécois*, 2016 [En ligne].

²⁷ ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA. *Rapport d'inventaire national 1990-2014 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*, 2016 [En ligne].

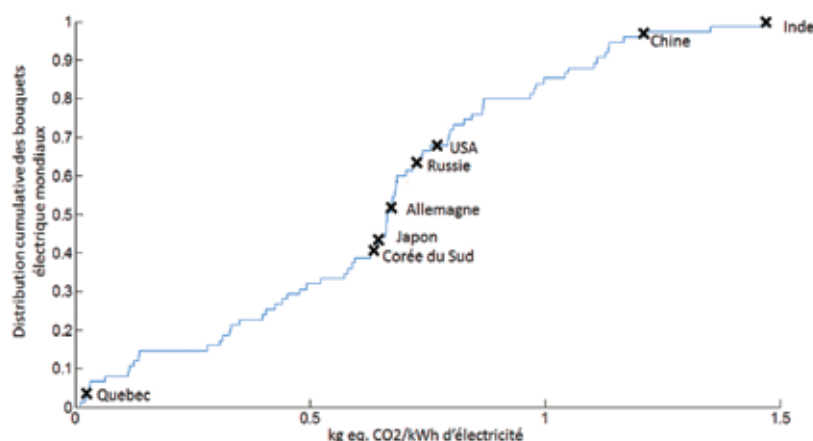


Figure 1. Distribution statistique des différents mix électriques nationaux telle que documentée dans la base de données d'inventaire du cycle de vie *ecoinvent*. Source : CIRAIG, 2016.

Pour la même distance parcourue, l'utilisation de l'essence par le transport automobile génère 600 fois plus d'éq. CO₂ par rapport à l'utilisation de l'électricité²⁸. À titre d'exemple, un trajet de 100 kilomètres (km) avec trois passagers dans un taxibus électrique émet 0,03 kilogramme (kg) eq. CO₂ par rapport à une voiture à essence, qui en produit en moyenne 21²⁹. Si on place les trois personnes en auto-solo, on génère 63 kg eq. CO₂. Selon l'ACV, après 150 000 km, les émissions de GES du véhicule électrique seront 65 %

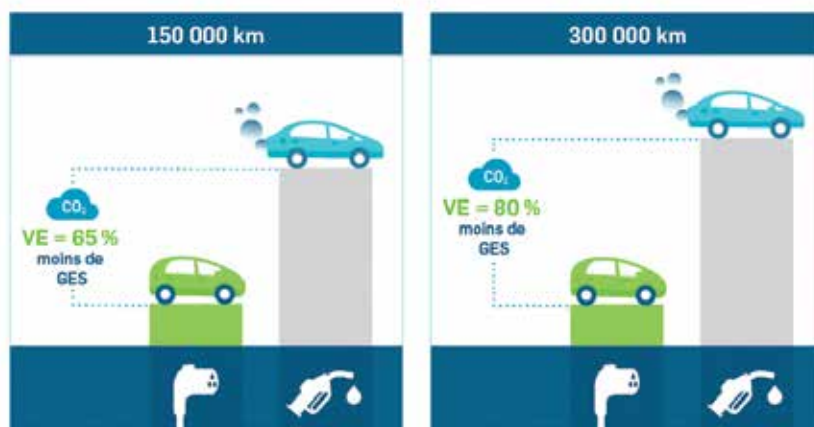
inférieures, et la réduction sera de 80 % après 300 000 km (Figure 2)³⁰. Autrement dit, plus le véhicule électrique roulera, plus il sera avantageux par rapport à une voiture à essence.

Une telle réduction d'émission de GES par l'implantation de transports collectifs électrifiés permet d'entrevoir la part active que le BSL pourrait jouer dans l'effort de lutte contre les changements climatiques.

LE VÉHICULE ÉLECTRIQUE, UN CHOIX LOGIQUE AU QUÉBEC !

Énergie renouvelable à 99 %

Sur l'ensemble de leur cycle de vie, un véhicule électrique (VE) qui carbure à l'hydroélectricité émet moins de GES qu'un véhicule à essence*



* Selon une analyse comparative du cycle de vie des VE et des véhicules à essence en contexte québécois publiée par le Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) en 2016.

Figure 2. Comparaison du véhicule électrique et du véhicule conventionnel dans des conditions d'utilisation au Québec. Source : Hydro-Québec, 2017.

²⁸ Calculs effectués avec l'outil suivant : Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD). *Calculateur de GES*, 2017 [En ligne].

²⁹ *Ibid.*

³⁰ HYDRO-QUÉBEC. *Comparaison du véhicule électrique et du véhicule conventionnel dans des conditions d'utilisation au Québec*, 2017 [En ligne : hydroquebec.com/developpement-du-rable/centre-documentation/acv-vehicule-electrique.html] (Consulté le 12 octobre 2017).

2.1.2. FABRICATION DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES

Sur l'ensemble de son cycle de vie, le véhicule électrique obtient un meilleur résultat que le véhicule à essence sur 4 des 5 catégories d'impact : santé humaine (-29 %), qualité des écosystèmes (-58 %), changements climatiques (-65 %) et épuisement des ressources fossiles (-65 %) (Figure 3). Par contre, le véhicule électrique a un impact plus grand sur l'épuisement des ressources minérales utilisées pour sa fabrication (25 %). Mais contrairement à l'idée préconçue, c'est l'aluminium de la carrosserie – et non les batteries – qui influence surtout cette différence³¹.

Bien que les batteries des véhicules électriques soient recyclables en fin de vie³², cette industrie est encore embryonnaire³³. Cependant, leur empreinte environnementale peut être davantage réduite en leur donnant une deuxième vie avant de les mettre au recyclage³⁴. Les batteries pourraient alors servir à soutenir un bâtiment ou un réseau, notamment ceux alimentés par des sources d'énergie intermittentes comme l'éolien ou le solaire. On estime que cette seconde vie peut atteindre jusqu'à 12 ans.

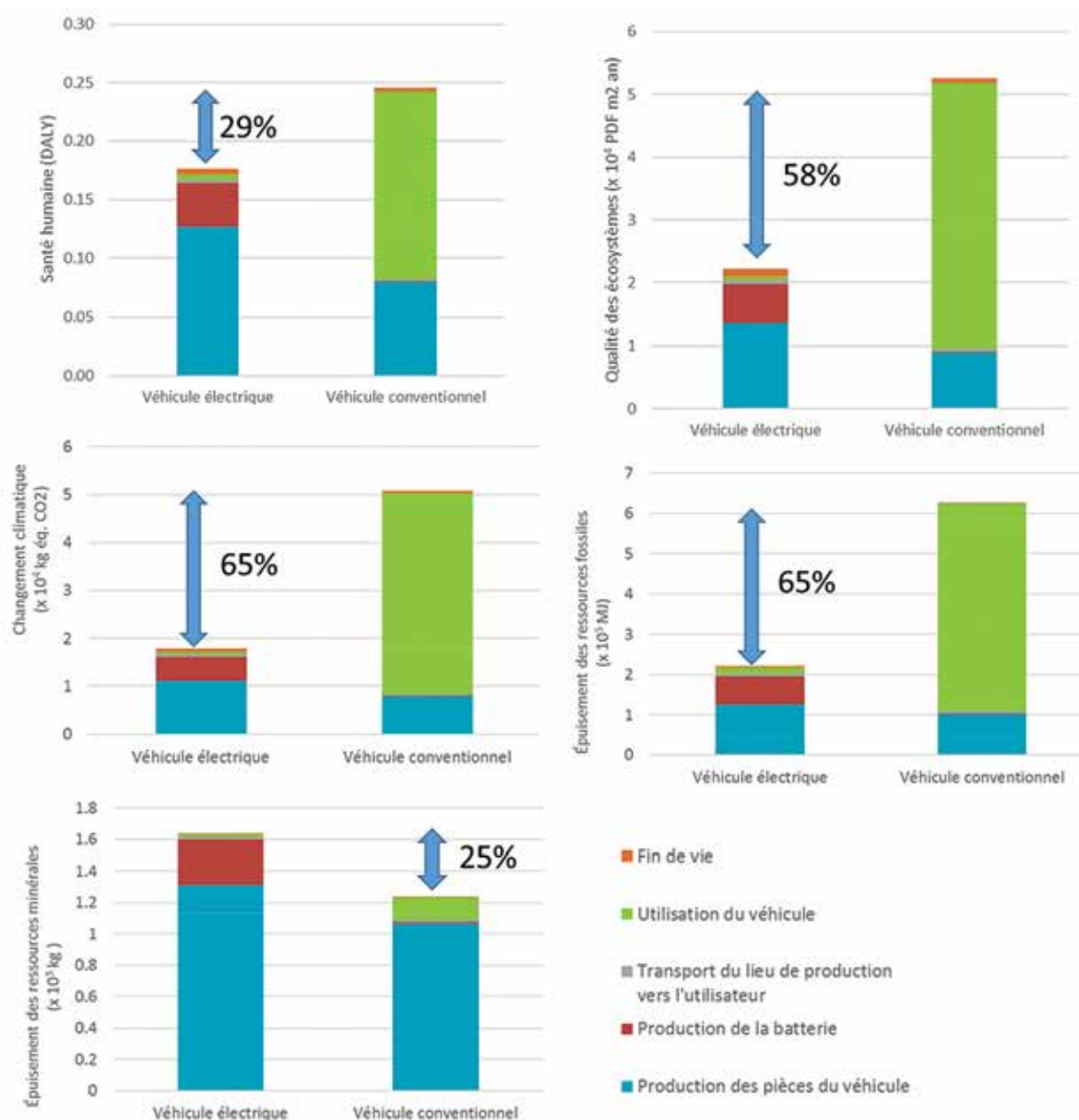


Figure 3. Analyse comparative entre les véhicules électrique et conventionnel après 150 000 km (catégories d'impact). Source : CIRAIG, 2016.

³¹ CIRAIG, 2016, *op. cit.*

³² ASSOCIATION DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES DU QUÉBEC (AVÉQ). *Mythe : La voiture électrique n'est pas écolo car sa batterie n'est pas recyclable*, 2013 [En ligne].

³³ APPEL À RECYCLER. *Expansion de l'économie circulaire : de nouveaux défis pour les recycleurs de piles et de batteries*, 2016 [En ligne].

³⁴ AAGAARD, C. *Reusing electric car batteries will cut greenhouse gases*, Waterloo stories, Université de Waterloo, 2015. [En ligne] dans AVÉQ. *Mythe : La voiture électrique n'est pas écolo car sa batterie n'est pas recyclable*, 2013 [En ligne].

En résumé, le choix d'un véhicule électrique au lieu d'un véhicule à essence permet de réduire de façon importante les impacts du transport sur l'environnement, notamment en matière de pollution et d'épuisement des ressources fossiles.

2.2. GAINS POUR LA SANTÉ ET LA SOCIÉTÉ

La pollution de l'air a déjà des conséquences sur la santé des individus et sur la demande en services de santé (ex : smog)³⁵. Les problèmes respiratoires, les problèmes cardiaques et l'asthme font partie des pathologies les plus souvent répertoriées en lien avec la pollution de l'air³⁶. Sur son site Web, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) encourage les citoyens et les entreprises à contribuer à diminuer la pollution, par exemple en utilisant le transport en commun, en plus d'inciter les automobilistes à éviter de laisser tourner inutilement le moteur lorsque leur véhicule est en mode arrêt³⁷.

Au Québec, les transports collectifs déplacent quotidiennement des centaines de milliers de personnes. Ils représentent l'un des leviers importants de la mobilité durable dans les collectivités, car ils offrent des déplacements sécuritaires, à faible coût, ainsi que des impacts environnementaux minimaux. Ainsi, en plus de leur effet positif sur la qualité de l'environnement et de l'air, la présence et l'usage des transports collectifs permettent de contrer la sédentarité et les problèmes de santé qui y sont associés. Enfin, l'accessibilité qu'offrent les transports collectifs entraîne une plus grande équité sociale³⁸.

Les avantages sociaux des transports collectifs ont des impacts positifs sur les finances publiques³⁹. Leur développement permet de réduire l'étalement urbain, à la fois en consolidant les axes et les centres résidentiels et commerciaux, et en déplaçant efficacement des milliers de travailleurs et d'étudiants⁴⁰. Transit, l'Alliance pour le financement des transports collectifs au Québec, résume bien les bénéfices engendrés par ces derniers : « En plus de leur bilan avantageux pour l'environnement, l'équité sociale et la santé, les transports collectifs ont sur l'économie québécoise un effet positif durable qui se fait d'autant plus sentir dans le contexte récent de crise économique et de hausse des coûts de l'énergie⁴¹. »

L'utilisation de véhicules électriques permettrait d'amplifier les retombées environnementales, sociales et économiques positives des transports collectifs, comme le démontrent les sections ci-dessus. Les bénéfices pour la santé publique, notamment, sont donc nettement accrus. Voyons maintenant si cette technologie est suffisamment mûre.

2.3. MATURITÉ DE LA FILIÈRE

Plusieurs facteurs contribuent à indiquer que la filière de l'électrification a atteint un stade de maturité suffisant pour qu'elle puisse s'accaparer plus rapidement qu'anticipé une part importante du transport de personnes. En voici un bref survol.

Le prestigieux journal *The Economist* a notamment prédit dans une vidéo informative que 2018 sera l'année charnière, le point de bascule pour l'adoption des véhicules électriques⁴². Cela peut sembler rapide, voire utopiste. Cependant, c'est en croisant cette information avec d'autres sources qu'on peut mieux en juger.

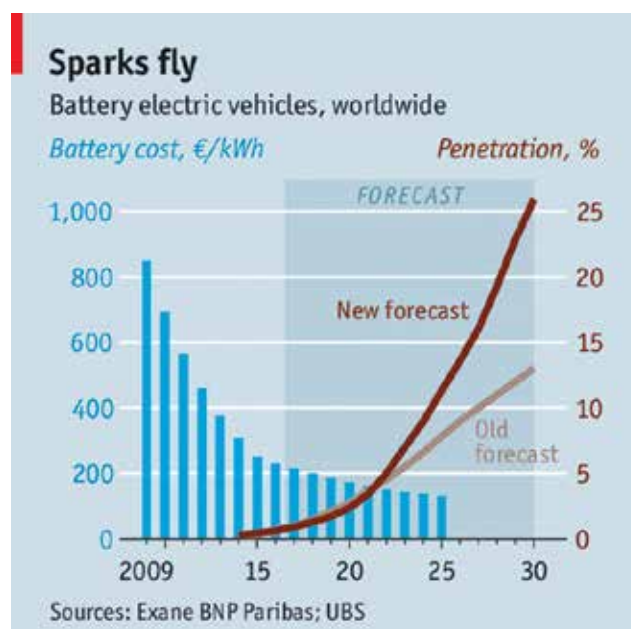


Figure 4. Prévisions récentes (*new forecast*) et précédentes (*old forecast*) du taux de pénétration des voitures électriques à l'échelle du globe (*battery electric vehicle, worldwide*), en réaction à la baisse du coût des batteries (*battery cost, €/kWh*). Source : The Economist, 2018.

³⁵ MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (MTQ). Transport et changements climatiques, 2007 dans INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE QUÉBEC (INSPQ). Smog et particules : Les changements climatiques et les niveaux de smog dans l'air ambiant, 2010 [En ligne : monclimatmasante.qc.ca/smog-et-particules.aspx] (Consulté le 17 novembre 2017).

³⁶ INSPQ. 2010, *op. cit.*

³⁷ *Ibid.*

³⁸ TRANSIT. Artères bloquées : quand le sous-financement des systèmes de transport menace l'économie du Québec, 2011 [En ligne].

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ *Ibid.*

⁴² THE ECONOMIST. *Electric cars will come of age in 2018*, 2017 [En ligne] dans AVÉQ. Selon The Economist, 2018 sera le point de bascule pour l'adoption des VE, 2017 [En ligne].

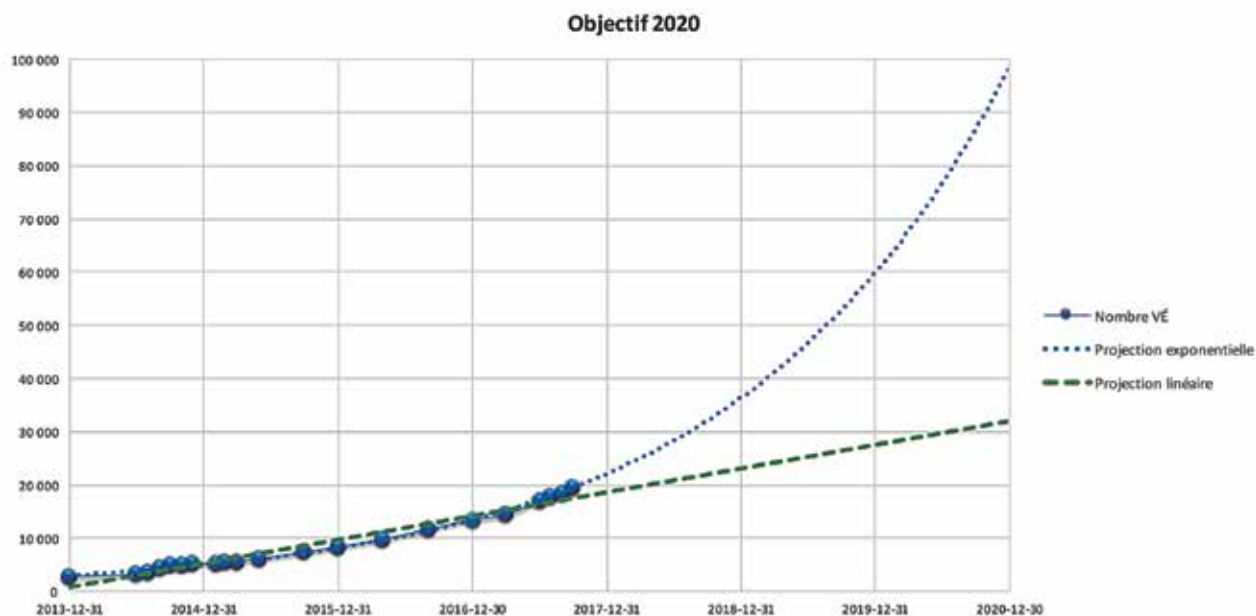


Figure 5. Projections exponentielle et linéaire du nombre de véhicules électriques au Québec. Source : AVÉQ, 2017.

Pour ce qui est des voitures individuelles, les prévisions récentes montrent une arrivée plus hâtive qu'anticipé des véhicules électriques sur les marchés à l'échelle mondiale, en réaction à la baisse du coût des batteries (Figure 4)⁴³. À l'échelle du Québec, l'Association des véhicules électriques

du Québec (AVÉQ) fait constamment la mise à jour des données disponibles, et celles de septembre 2017 (Figure 5)⁴⁴ montrent une accélération des ventes de véhicules électriques neufs et usagés qui permet d'entrevoir une progression exponentielle vers l'horizon 2020.

Consommation de combustibles fossiles, tous les scénarios

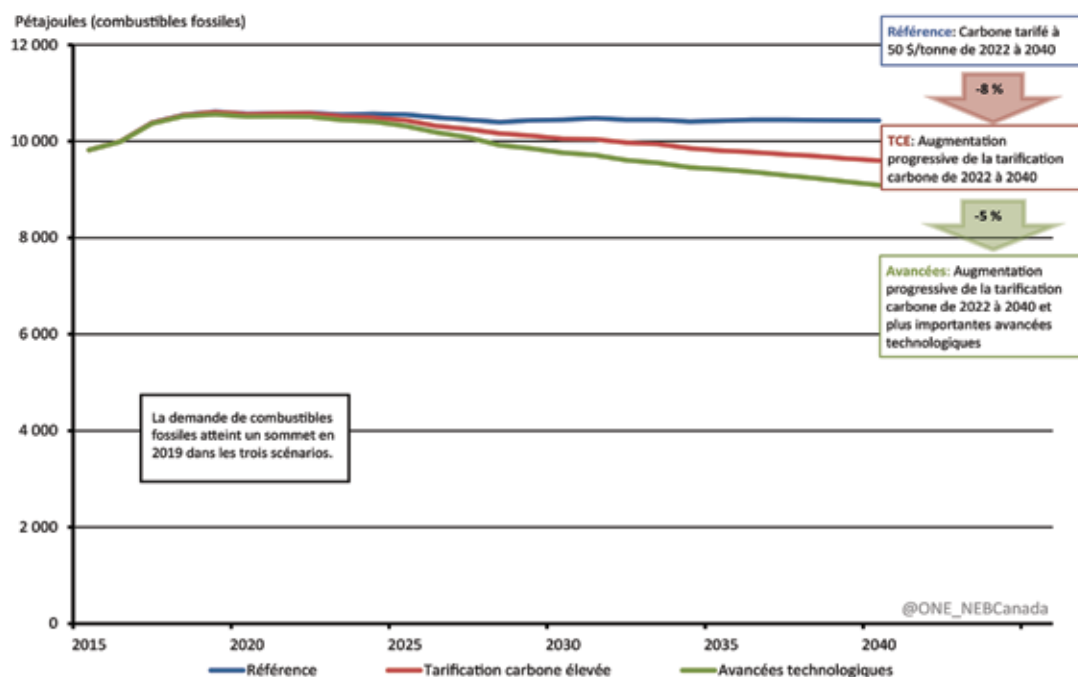


Figure 6. Scénarios de consommation de combustibles fossiles à l'horizon 2040. Source : ONE, 2017.

⁴³ THE ECONOMIST. *Electric cars are set to arrive far more speedily than anticipated*, 2017 [En ligne].

⁴⁴ AVÉQ. *Statistiques SAAQ-AVÉQ sur l'électromobilité au Québec en date du 30 septembre 2017* [Infographie], 2017 [En ligne : [aveq-sur-lelectromobilite-au-quebec-en-date-du-30-septembre-2017-infographique](http://aveq.ca/actualiteacutes/statistiques-saaq-aveq-sur-lelectromobilite-au-quebec-en-date-du-30-septembre-2017-infographique)] (Consulté le 15 octobre 2017).

En ce qui a trait au transport collectif, plusieurs organisations québécoises, dont certaines situées à Montréal⁴⁵, à Laval⁴⁶ et dans la MRC des Moulins⁴⁷, planifient une électrification partielle de leurs services urbains.

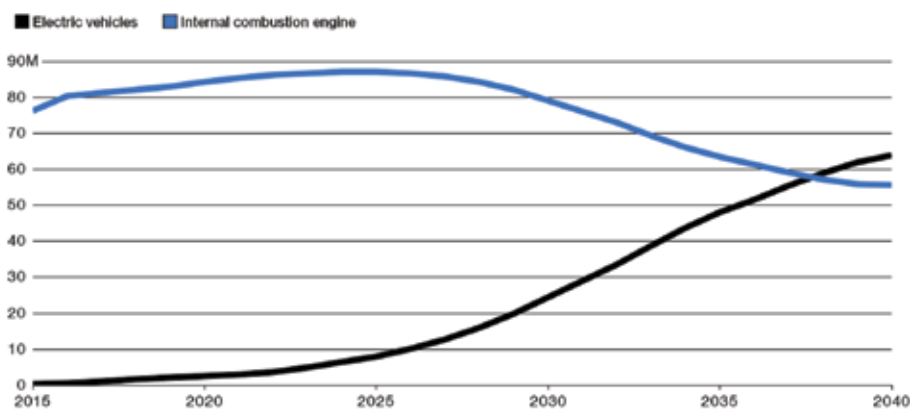
Si de telles initiatives d'électrification peuvent sembler emballantes pour certaines personnes, elles pourront soulever le scepticisme chez d'autres. À celles-ci, une annonce de l'Office national de l'énergie (ONE), qui prédit pour la première fois un plafonnement de la consommation de pétrole au Canada en 2019⁴⁸, pourrait s'avérer révélatrice (Figure 6). Un outil en ligne⁴⁹ permet d'explorer les données derrière cette prédiction, et ce, par région et par type de demande.

À propos de la capacité du réseau électrique à soutenir une demande accrue en électricité, si par exemple le nombre de véhicules électriques branchés tous les soirs passait de quelque 20 000 actuellement à un million, on note que cette consommation correspondrait à seulement 2 % des ventes d'électricité⁵⁰. Le Québec est donc tout à fait en mesure de soutenir l'électrification des véhicules légers. Quant au transport de l'électricité, une vérification auprès d'Hydro-Québec

confirme que le réseau de distribution actuel au BSL est tout à fait en mesure de soutenir l'électrification des transports⁵¹.

L'électrification des transports peut être considérée comme une innovation de rupture (par rapport au moteur à combustion omniprésent aujourd'hui), puisqu'elle suit une courbe d'adoption technologique non linéaire⁵² (Figure 7). Cela signifie que la rapidité avec laquelle elle est adoptée s'accélère, plutôt que de suivre une trajectoire constante ou linéaire. La parité des prix entre les véhicules électriques et les véhicules à combustion interne est un facteur clé de ce changement de paradigme, qui cependant repose sur des investissements stratégiques. Cette mesure, limitée dans le temps sert à établir un environnement favorable à l'accélération de la transition énergétique. À ce titre, la décision d'électrifier les transports publics, un créneau où le Québec a l'opportunité de se positionner avantageusement, revêt une importance accrue⁵³. Le BSL peut et devrait y jouer un rôle important. Cette initiative rejoint celle d'états et de villes⁵⁴ qui ont posé des actions concrètes pour accélérer ce changement.

Overtaking Lane Electric vehicle sales will surpass internal combustion engine sales by 2038



Source : Bloomberg New Energy Finance

Figure 7. Exemple de la non-linéarité de l'innovation de rupture qu'on anticipe avec l'électrification des transports, représentée par les ventes de véhicules électriques (*electric vehicles*) et de véhicules à combustion interne (*internal combustion engine*). Tiré de : Bourque, 2017.

⁴⁵ SOCIÉTÉ DE TRANSPORT DE MONTRÉAL (STM). *Électrification : la STM accélère le pas et achètera 40 bus électriques*, 2017 [En ligne : stm.info/fr/presse/communiqués/2017/electrification---la-stm-accelere-le-pas-et-achetera-40-bus-electriques] (Consulté le 26 octobre 2017).

⁴⁶ ROBICHAUD, O. *Laval se dotera d'une ligne d'autobus entièrement électrique d'ici 2020*. Huffington Post 19 octobre 2017 [En ligne].

⁴⁷ RÉSEAU DE TRANSPORT MÉTROPOLITAIN TERREBONNE-MASCOUCHE. *Urbis et Keolis Canada mettent à l'essai un véhicule électrique*, 2016 [En ligne : urbis.lesmoulins.ca/nouvelles/urbis-et-keolis-canada-mettent-a-lessai-un-vehicule-electrique-dans-la-mrc] (Consulté le 4 octobre 2017).

⁴⁸ HAUTECOEUR, E. « La consommation pétrolière au Canada atteindra un pic en 2019, prédit l'ONE » Radio-Canada, 26 octobre 2017 [En ligne].

⁴⁹ OFFICE NATIONAL DE L'ÉNERGIE (ONE). *Explorer l'avenir énergétique du Canada*, 2017 [En ligne : apps2.nrb-one.gc.ca/dvs] (Consulté le 3 novembre 2017).

⁵⁰ TRANSITION ÉNERGÉTIQUE QUÉBEC (TEQ). *Mythes sur les véhicules électriques*, 2017. [En ligne : transitionenergetique.gouv.qc.ca/sensibilisation/defi-efficace/dans-vos-deplacements/mythes-sur-les-vehicules-electriques/#.We42-4iDO3A] (Consulté le 6 novembre 2017).

⁵¹ CLOUTIER, R., Chef Relations d'affaires, Circuit électrique. Communication personnelle, 10 mai 2017.

⁵² BOURQUE, G.L. *Qui veut tuer l'émergence des véhicules électriques au Québec?*, Note d'intervention de l'IREC, Numéro 60, Octobre 2017 [En ligne].

⁵³ *Ibid.*

⁵⁴ *Ibid.*



PLANS DE TRANSPORT COLLECTIF

Crédit photo : CREBSL

Les plans de transport présentés à l'automne 2017 par Gestrans⁵⁵ intègrent à la fois plusieurs plans qui couvrent le **transport collectif local** et le **transport collectif régional**. Chaque MRC a donc reçu un plan de transport pour son territoire, et un plan régional reliant les MRC entre elles a été déposé au CRD du BSL.

3.1. SERVICE LOCAL (INTRA-MRC)

Le service local consiste en fait en des services de transport collectif existants. La proposition nouvelle qui est faite est d'en élargir les plages horaires à sept jours par semaine, là où ce n'est pas actuellement le cas.

Comme ces services sont déjà existants, et que les véhicules qui les rendent possibles sont déjà acquis, la présente étude ne les inclut pas dans son analyse. Par contre, il serait tout à fait pertinent pour les gestionnaires de ces services de se baser sur les éléments développés pour le service

régional pour élaborer une stratégie d'électrification des services locaux existants. En fait, dans les cas où les services locaux sont offerts par minibus ou taxibus, la présente étude devrait permettre d'éclairer le choix des décideurs. Dans le cas où le service requiert un véhicule plus grand (par exemple pour le Transport adapté et collectif (TAC) de la Mitis), il pourrait être envisagé d'utiliser un autobus scolaire électrique (comme ceux produits par La compagnie électrique Lion, anciennement Autobus Lion), à l'exemple de La Navette de Saint-Jérôme (Figure 8)⁵⁶.



Figure 8. Autobus scolaire électrique eLion utilisé pour le service La Navette de Saint-Jérôme.

⁵⁵ Gestrans (division de Stantec). 2017. *Plan de transport : Région du Bas-Saint-Laurent. Préparé pour le Collectif régional de développement du Bas-Saint-Laurent*. 301 pp.

⁵⁶ LA NAVETTE . [En ligne : lanavette.ca] (Consulté le 11 avril 2017).

3.2. SERVICE RÉGIONAL (INTER-MRC)

3.2.1. CIRCUITS RÉGIONAUX

Le service régional proposé dans le plan de transport vise à relier les MRC entre elles par six circuits de minibus, ci-après désignés par l'expression « circuits régionaux ». Le service est structuré autour des pôles de Rivière-du-Loup et de Rimouski, vers lesquels se dirigent les circuits provenant des MRC voisines, en plus de relier les deux pôles.

Ces circuits régionaux (Figure 11) sont conçus pour être desservis par des minibus, et Gestrans recommande d'utiliser des véhicules de type Girardin G5 (Figure 9), dont les spécifications sont décrites à la section 4.1.1. Il s'agit du type de véhicule actuellement utilisé pour le Citébus de Rimouski, notamment. Leur potentiel d'électrification sera examiné précisément dans la section minibus ci-après.

3.2.2. RABATTEMENT PAR TAXIBUS

En complément aux circuits régionaux, 35 routes de rabattement sur réservation permettraient de transporter les citoyens à partir des autres municipalités vers les arrêts des circuits régionaux de minibus (Figure 11). Ce service pourrait être offert majoritairement par taxibus, mais pourrait aussi dans certains cas utiliser des places restantes en transport adapté. Le potentiel d'électrification du service de rabattement se concentrera plus précisément sur les véhicules de taxi, et sera développé plus loin dans la section taxibus.



Figure 10. Taxibus



Figure 9. Minibus de type Girardin G5 recommandé par Gestrans pour le circuit régional. Source : CREBSL



3.3. IMMOBILISATIONS ET AMÉNAGEMENT

Les plans de transport locaux et le plan de transport régional comprennent aussi des éléments d'immobilisation inhérents à l'implantation de circuits de transport collectif, tels que les cases de stationnement incitatif, les arrêts (panneaux de signalisation, quincaillerie), les abribus, les supports à vélo, etc.

Un élément névralgique à bien considérer lors de la planification de ces immobilisations est qu'elles puissent servir de points de jonction pour faciliter l'intermodalité entre le transport collectif et d'autres modes⁵⁷, notamment le transport actif. Si les abribus, stationnements et supports à vélo semblent aller de soi, il serait possible d'élargir les interventions dans le domaine de l'aménagement du territoire, tel que le mentionne le Plan d'action régional 2013-2020 de réduction de la dépendance au pétrole du CREBSL⁵⁸. L'adaptation de la notion émergente de *Transit-oriented development* (TOD)⁵⁹ à la faible densité de la population régionale dans un contexte de déploiement du transport collectif régional électrifié pourrait ainsi être envisagée.

Un exemple de TOD serait de structurer des zones résidentielles ou commerciales autour des arrêts des circuits de transport collectif. La proposition, lancée dans le cadre de l'édition 2017 du colloque régional de l'Association des aménagistes régionaux du Québec⁶⁰, a suscité un certain intérêt. Il serait opportun que l'idée soit examinée prochainement par les instances concernées par l'aménagement du territoire.

L'électrification des transports collectifs régionaux implique aussi le déploiement d'un réseau de bornes de recharge électrique. La planification de leur emplacement, de leur taille, ainsi que la circulation de véhicules individuels et collectifs autour d'elles sont des aspects qui seront traités dans la section bornes et qui relèvent dans une certaine mesure de l'aménagement du territoire.

Par notre **propre**
énergie
Bas-Saint-Laurent

PLAN D'ACTION RÉGIONAL
de réduction de la dépendance au pétrole
2013-2020

Version approuvée par la Table régionale sur la réduction de la dépendance au pétrole le 2013-03-15
Mise à jour le 2015-03-30

CONSEIL RÉGIONAL DE
L'ENVIRONNEMENT
BAS-SAINT-LAURENT

⁵⁷ BOUCHER, I. et N. FONTAINE. *L'aménagement et l'écomobilité, Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*, ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMOT), 2011, [En ligne].

⁵⁸ CREBSL. *Plan d'action régional 2013-2020 de réduction de la dépendance au pétrole*, 2015, [En ligne].

⁵⁹ BOUCHER et FONTAINE, 2011, *op. cit.*

⁶⁰ L'ensemble des conférences du colloque, incluant celle du CREBSL, sont disponibles au [aarg.qc.ca/colloque-conferences.php].



Crédit photo : CREBSL

Cette portion de l'étude se concentre sur les minibus qui pourraient desservir les circuits régionaux. L'analyse porte sur les types de véhicules (à essence et électrique) potentiels, les différences de nature économique entre le choix d'une motorisation à essence ou électrique, ainsi que la faisabilité des trajets avec des véhicules électriques. Les connexions avec les régions voisines de même qu'une synthèse des avantages et inconvénients des minibus électriques sont également abordés.

4.1. VÉHICULES COMPARÉS

À titre indicatif, cette section fait la comparaison entre deux véhicules, soit un véhicule à essence et un électrique. Il est évidemment possible que d'autres modèles de minibus à essence puissent être utilisés. Les véhicules hybrides ne font pas partie de cette présente analyse des minibus, d'une part parce qu'aucun fournisseur québécois n'en fabrique, et d'autre part parce que les économies d'entretien et de carburant sont moins importantes dans le cas d'une motorisation hybride (voir la section 5.3).

Quant aux véhicules électriques, le modèle présenté est le minibus en développement de La compagnie électrique Lion. Ce choix s'explique parce qu'il s'agit à notre connaissance du seul minibus fabriqué au Québec qui serait commercialement accessible au moment anticipé pour la mise en service des circuits régionaux de minibus.

Cependant, il est possible que d'autres fournisseurs québécois qui développent actuellement des minibus électriques soient en mesure de proposer des alternatives une fois le moment des appels d'offres venu. Par ailleurs, des minibus de construction étrangère, par exemple ceux de la compagnie chinoise BYD, construits aux États-Unis, sont actuellement disponibles sur le marché⁶¹. Une palette plus étendue de choix de minibus électriques pourrait donc être accessible aux décideurs une fois venu le moment de procéder à l'achat.

⁶¹ BYD, K7 Electric Transit Bus. [En ligne : byd.com/usa/bus/k7-electric-transit-bus] (Consulté le 2 novembre 2017).

4.1.1. GIRARDIN G5 (RÉFÉRENCE)

Nous utilisons à titre de véhicule de référence celui proposé par Gestrans dans le plan de transport régional, c'est-à-dire le Girardin G5⁶². Afin de permettre l'accessibilité aux personnes se déplaçant en fauteuil roulant, une plateforme élévatrice est comprise dans la proposition (Figure 12). Avec un 1 fauteuil à bord, 18 sièges réguliers passagers peuvent être installés. À 2 fauteuils, ce nombre de sièges passe à 16, et il est possible d'aller jusqu'à 5 fauteuils roulants pour 8 places assises.

La durée de vie de ces véhicules est de 7 ans ou 320 000 km selon le fabricant. Cependant, plusieurs transporteurs évoquent une durée de vie réelle de 5 à 6 ans dans les conditions régionales.

Bien que ces véhicules puissent être munis d'un moteur diesel ou à essence, les scénarios de cette étude sont uniquement basés sur le modèle à essence pour les simplifier et aussi parce que certains opérateurs régionaux ont observé que les économies de carburant réalisées avec la motorisation diesel sont annulées par les frais d'entretien plus élevés qu'engendre cette dernière.

4.1.2. ELIONM

La compagnie électrique Lion⁶³ développe actuellement un minibus entièrement électrique, le eLionM (Figure 13), dont la commercialisation a été annoncée pour 2018⁶⁴. Les caractéristiques de ce véhicule ont été utilisées pour définir les paramètres de la portion électrique de la comparaison économique ci-dessous.

La capacité de transport du véhicule et de 0 à 6 fauteuils roulants et de 2 à 22 passagers assis, en plus de 15 places debout. Cette flexibilité dans la capacité de transport de fauteuils roulants et de passagers est rendue possible par l'utilisation de sièges relevables (strapontins), ce qui permet des ajustements rapides en cours de trajet selon l'affluence de passagers à mobilité réduite.



Figure 12. Le Girardin G5 et sa plateforme élévatrice. Source : Girardin-Blue Bird, 2017.

L'autonomie du véhicule sera de 120 à 240 km, selon le nombre de blocs-batteries choisis. En plus de la recharge standard à 240 volts (V), la recharge rapide à 400 V sera également possible, en plus d'une option novatrice : la permutation des batteries. La permutation signifie qu'il sera possible d'échanger des batteries déchargées par des batteries chargées en quelques minutes. Cette option supplémentaire ouvre la porte à de nouvelles possibilités dans la gestion de la flotte de véhicules, de leurs batteries et des besoins de recharge.

Selon l'expertise développée avec l'autobus scolaire eLion⁶⁵, ce futur minibus inclura le moteur de TM4⁶⁶ ainsi qu'une grande part d'aluminium dans la structure, qui sont des exemples de la place privilégiée accordée aux fournisseurs québécois dans le choix des composantes. Sa durée de vie est estimée à 10 ans.

⁶² GIRARDIN BLUE BIRD. *Micro Bird G5*. [En ligne : girardinbluebird.com/fr/vehicules-neufs/20-commercial/micro-bird/10-commercial-microbird-g5] (Consulté le 29 octobre 2017).

⁶³ LA COMPAGNIE ÉLECTRIQUE LION. [En ligne : thelionelectric.com] (Consulté le 22 novembre 2017).

⁶⁴ LA COMPAGNIE ÉLECTRIQUE LION. Lion dévoile ses nouveaux produits (vidéo). [En ligne : [youtube.com/watch?v=U_BBRITKW-o](https://www.youtube.com/watch?v=U_BBRITKW-o)] (Consulté le 26 juin 2017).

⁶⁵ TM4. Autobus scolaire 100% électrique (vidéo). [En ligne : [youtube.com/watch?v=AOJxJCTggEU](https://www.youtube.com/watch?v=AOJxJCTggEU)] (Consulté le 12 octobre 2017).

⁶⁶ TM4. [En ligne : tm4.com] (Consulté le 2 novembre 2017).

eLIONM



Figure 13. Vue extérieure, intérieure (incluant l'espace pour les fauteuils roulants), et permutation des batteries du eLIONM. Source : La compagnie électrique Lion, 2017

4.2. COMPARAISON ÉCONOMIQUE – MINIBUS

De manière générale, les véhicules électriques ont pour le moment un coût d'acquisition plus élevé que leur équivalent à combustion interne (essence ou diesel). Par contre, les coûts d'opération (entretien et énergie) sont significativement inférieurs pour les véhicules électriques. C'est pourquoi il est impératif de faire une comparaison du coût total de possession (CTP)⁶⁷ pour chacun des types de véhicule. Le CTP additionne les coûts d'acquisition aux coûts d'opération totaux sur la durée de vie des véhicules.

Note : Plusieurs partenaires du projet ont généreusement collaboré à différentes étapes de l'élaboration ou de la validation des calculs de ces scénarios, notamment Sylvain Castonguay (base du tableau de calcul qui a été ensuite adapté), Transport Pascal Ouellet et Gestrans. Cependant, les résultats présentés ci-dessous n'engagent que le CREBSL.

4.2.1. PARAMÈTRES

Les paramètres qui forment la base des scénarios sont d'abord issus des plans de transport. Le total de kilomètres par jour et le nombre de jours d'opération correspondent à un trajet moyen parmi les six trajets de minibus (Tableau 1). Le nombre de jours de réparation à prévoir pour un véhicule électrique est moins élevé que pour un véhicule à essence, vu les besoins d'entretien moindres (voir Coûts d'opération). La disponibilité et le kilométrage annuel parcouru est calculé à partir de ces paramètres (Tableau 1).

Les paramètres énergétiques ont été obtenus auprès d'experts et partenaires. La consommation d'essence des minibus est un chiffre représentatif de la consommation moyenne des opérateurs régionaux consultés.

Le coût de l'essence retenu est représentatif du tarif actuel, sans spéculer sur d'éventuelles fluctuations du coût avec le temps.

Tableau 1.
Paramètres généraux et énergétiques pour la comparaison des véhicules à essence et électrique

PARAMÈTRES	ESSENCE	ÉLECTRIQUE
Total km/jour	548,4	548,4
Jours opération	260	260
Jours réparation	7	4
Disponibilité (%)	97,3%	98%
Kilométrage annuel	138 745	140 390

PARAMÈTRES ÉNERGÉTIQUES	ESSENCE	ÉLECTRIQUE
Consommation essence (L/100 km)	32	
Coût de l'essence (\$/L)	1,25 \$	1,25 \$
Consommation électricité (kWh/km)		0,65
Coût électricité (\$/kWh)		0,104 \$

⁶⁷ Le TCP correspond à l'acronyme anglais TCO (*Total Cost of Ownership*) qui est fréquemment utilisé.

Le coût de l'électricité est déterminé par le tarif d'électricité des clients d'affaires⁶⁸, qui est modulé selon la puissance appelée. Puisque les sites d'installation des bornes de recharge de nuit sont indéterminés à ce stade, il n'est pas possible de savoir lequel des tarifs M, G-9 ou G s'appliquerait. Ces tarifs représentent respectivement environ 0,060 \$, 0,103 \$ et 0,111 \$ du kilowattheure (kWh). De plus, la recharge avec bornes rapides ou bornes de recharge à courant continu (BRCC)⁶⁹ aux arrêts, pendant ou entre les trajets, représenterait une proportion importante des besoins de recharge, selon les scénarios présentés dans la section faisabilité des trajets de minibus. Or, la recharge par borne rapide est actuellement soumise au tarif expérimental BR⁷⁰. Ce tarif est variable selon la durée et la puissance de la recharge, mais pourrait représenter environ 0,161 \$ du kWh. Pour simplifier le calcul des scénarios, le tarif G-9 a été retenu, puisqu'il représente une valeur intermédiaire et représentative du coût moyen combiné qu'engendreraient les recharges nocturne et rapide.

Tableau 2.
Légende expliquant les codes de couleurs pour les cellules des tableaux.

LÉGENDE	
Variables ajustables	Entrées
Cellules calculées automatiquement	Calculs
Résultats des calculs	Résultats
Hypothèses	Hypothèses
Valeurs conservatrices	Hypothèses
Calcul des surcoûts	Surcoût
Calcul des économies	Économie

4.2.2. COÛT D'ACQUISITION

Le coût d'acquisition pour le véhicule à essence a été obtenu auprès d'un représentant de la compagnie Girardin. Pour le véhicule électrique, le prix définitif du eLionM n'est pas encore disponible; toutefois, nous avons opté pour un chiffre représentatif, mais volontairement conservateur, du marché émergent des minibus électriques de ce calibre.

Tableau 3.
Coûts d'acquisition estimés des véhicules à essence et électrique

COÛT D'ACQUISITION	ESSENCE	ÉLECTRIQUE
Achat véhicule	93 000 \$	300 000 \$
Subvention		- \$
Borne (achat + installation)		6 000 \$
Capital net	93 000 \$	306 000 \$
Surcoût		213 000 \$
Durée de vie utile	7	10
Années d'opération simulées	10	10

Bien qu'aucune subvention ne soit comprise dans ce scénario (Tableau 3), il est certain qu'une aide financière sera accessible lorsque des minibus électriques seront disponibles sur le marché⁷¹. En effet, le **MTMDET indique qu'il offrira très certainement une aide financière**, mais qu'il est trop tôt pour en connaître la nature (ex : rabais à l'achat) ou pour déterminer les organismes qui seront admissibles (ex : municipalités, opérateurs de services de transport collectif)⁷². À titre d'exemple concret, un *Programme de soutien au déploiement des autobus scolaires électriques au Québec* a été implanté sur mesure une fois que l'autobus scolaire électrique eLion est arrivé sur le marché⁷³.

⁶⁸ HYDRO-QUÉBEC. Tarifs d'électricité pour les clients d'affaires. [En ligne : hydroquebec.com/affaires/tarifs-et-facture/tarification/tarifs-affaires-electricite] (Consulté le 30 octobre 2017).

⁶⁹ Voir la section 6.1 Types de bornes de recharge.

⁷⁰ HYDRO-QUÉBEC. Tarif expérimental BR. [En ligne : hydroquebec.com/affaires/tarifs-et-facture/tarification/tarifs-affaires-electricite/tarif-br] (Consulté le 30 octobre 2017).

⁷¹ MTMDET, Direction de la planification. Communication personnelle. 9 novembre 2017.

⁷² Ibid.

⁷³ MTMDET. *Soutien au déploiement des autobus scolaires électriques*. [En ligne : transports.gouv.qc.ca/fr/aide-finan/electrification/soutien-deploiement-autobus-scolaires/Pages/autobus-scolaires.aspx] (Consulté le 9 novembre 2017).

Le programme offrait un rabais unique de 125 000 \$ (révisé par la suite à 105 000 \$) à l'achat sur le prix d'achat de plus de 200 000 \$. Quant aux véhicules électriques de transport collectif, les nouvelles sources d'aide financière devraient être dévoilées à l'hiver 2018⁷⁴. Le document complémentaire à cette étude portant sur le financement⁷⁵ sera mis à jour avec l'information pertinente dès que ces programmes seront dévoilés.

Les coûts d'achat et d'installation d'une borne au garage ont été ajoutés à l'achat initial (Tableau 3). Toutefois, une analyse spécifique à chaque site accueillant un minibus devra être faite afin de bien cerner tous les coûts impliqués dans cette installation (voir la section planification des infrastructures de recharge). De plus, il faut comprendre que des recharges en cours de trajet seront nécessaires, comme le démontre la section Faisabilité des trajets de minibus. L'achat de ces infrastructures de recharge n'est pas comprise dans les coûts d'acquisition, mais des sources de fonds potentielles sont décrites dans le document complémentaire à cette étude portant sur le financement⁷⁶.

Le surcoût de l'option électrique par rapport au véhicule à essence de référence représente environ deux fois le coût d'achat du véhicule à essence, et ce, sans tenir compte de subventions éventuelles (Tableau 3). Cela peut sembler énorme, mais il est important de considérer les coûts d'opération, qui seront décrits plus loin, ainsi que les différences fondamentales entre les véhicules, telles que la capacité de transport de passagers (voir Véhicules comparés) et la durée de vie. En effet, la durée de vie utile estimée est moindre pour le véhicule à essence (Tableau 3). Ainsi, pour la période de 10 ans sur laquelle le calcul est effectué, l'achat d'un deuxième véhicule à essence ou le remplacement de pièces maîtresses (ex : bloc-moteur, transmission) pourrait s'avérer nécessaire. **Nous avons choisi de ne pas inclure le coût de remplacement du véhicule à essence ou de pièces maîtresses au calcul du CTP, afin que notre scénario soit le plus conservateur possible.**

À cause du coût initial élevé, des membres du comité consultatif du présent projet ont **proposé que la durée des contrats de transport collectif soit plus longue dans l'éventualité où des véhicules électriques seraient adoptés**. Ainsi, le risque financier serait partagé entre les MRC et les transporteurs privés ou publics propriétaires des véhicules. De plus, la durée de vie supérieure des véhicules électriques renforce le bien-fondé de cette mesure.

4.2.3. COÛTS D'OPÉRATION

Les coûts d'opération comprennent l'**entretien** et l'**énergie** requise pour propulser et chauffer un véhicule.

Pour ce qui est des coûts d'entretien, il faut d'abord souligner les distinctions importantes dans l'entretien que requiert un véhicule électrique, puisque plusieurs types d'entretien habituels d'un véhicule à essence sont évités ou réduits (Tableau 4).

Tableau 4.
Types d'entretien évités ou réduits dans un véhicule électrique comparativement à un véhicule à essence

TYPE D'ENTRETIEN	ÉVITÉ	RÉDUIT
Changement d'huile	X	
Démarrreur (remplacement)	X	
Alternateur (remplacement)	X	
Courroies et bougies d'allumage	X	
Transmission (remplacement)	X	
Levier de transmission	X	
Système d'échappement	X	
Freins (complets)		X
Liquide de refroidissement		X

⁷⁴ MTMDT, *op.cit.*

⁷⁵ Les documents complémentaires sont disponibles sur la page dédiée au projet du site crebsl.com/mobilite/electrification.

⁷⁶ *Idem.*

Les fabricants et les opérateurs d'autobus électriques estiment généralement que leur entretien coûtera entre le tiers et la moitié moins cher que celui des véhicules à essence. La motorisation électrique est en effet plus simple puisqu'elle comporte moins de pièces mobiles (ex : composants du moteur et de la transmission, démarreur).

D'autres éléments des véhicules à essence, tels que la direction, la suspension ou les systèmes d'éclairage se retrouvent aussi dans les véhicules électriques et entraîneront des coûts relativement semblables pour les deux types de véhicule. Afin d'avoir un scénario volontairement conservateur, l'entretien du véhicule électrique a été fixé à 67 % (équivalent à un tiers de réduction) de l'entretien d'un véhicule à essence. Pour estimer les coûts d'entretien du véhicule à essence, nous avons consulté deux opérateurs régionaux de transport collectif, ainsi que des fabricants de véhicules électriques, et les valeurs obtenues à partir de ces sources variaient entre 0,04 \$ et 0,09 \$ du km. Par ailleurs, Statistiques Canada publie des données sur l'entretien des différents types d'autobus, et celles se rapprochant le plus des minibus sont celles sur les autobus scolaires, à 0,19 \$ du km⁷⁷. Bien que ces dernières données soient intéressantes parce qu'elles proviennent d'un large échantillon, elles sont beaucoup trop élevées puisque l'entretien d'un autobus scolaire est normalement plus élevé au dire des transporteurs partenaires du projet. La valeur de 0,10 \$ par km a été retenue comme un estimé conservateur afin de représenter les coûts anticipés dans la région pour un véhicule à essence, et 67 % de cette valeur pour l'option électrique donne un coût de 0,067 \$ par km (Tableau 6).

Les coûts d'énergie comprennent l'énergie pour la propulsion et l'énergie pour le chauffage. L'énergie de propulsion est calculée selon les paramètres énergétiques de consommation et de coût de l'énergie (essence ou électricité) (Tableau 1).

Le chauffage est fourni par le moteur et parfois par une chaufferette d'appoint dans les véhicules à essence, et se trouve souvent compris dans les coûts de carburant. Par contre, dans un véhicule électrique, utiliser un chauffage électrique résistif (un peu comme l'élément chauffant d'un sèche-cheveux) consommerait beaucoup d'électricité et compromettrait l'autonomie. C'est pourquoi, dans un climat nordique, une chaufferette à combustible (essence ou diesel) est souvent utilisée, *a fortiori* dans un autobus qui doit chauffer un grand volume d'air. Le détail du calcul de la consommation approximative de carburant qu'entraîne une telle chaufferette apparaît au tableau 5.

En additionnant les coûts d'entretien et d'énergie (pour la propulsion et le chauffage), on obtient un coût total d'opération par kilomètre pour chaque type de véhicule (Tableau 6). En multipliant ce résultat par le kilométrage annuel (Tableau 1), on obtient les coûts d'opération annuels ainsi que les économies générées par le choix d'un véhicule électrique (Tableau 6). **La différence des coûts d'opération annuels est considérable, surtout en raison des coûts d'énergie**, comme le représente la figure 14.

Tableau 5.
Estimation du carburant utilisé pour le chauffage et son coût pour les minibus électriques

CHAUFFAGE	ESSENCE	ÉLECTRIQUE
Diésel pour chauffage (L/h)	0	1
Heures d'opération par jour	7,7	7,7
Heures d'opération par an	2002	2002
Mois avec chauffage par an		8
Heures de chauffage par an		1335
Litres (L) de carburant pour chauffage		1335
Coûts de chauffage annuels		1668,33 \$
Coûts de chauffage annuels (par km)	- \$	0,012 \$

⁷⁷ STATISTIQUE CANADA. Tableau 408-0011 - Industries canadiennes du transport de passagers par autobus et du transport urbain, frais d'entretien, selon le type de véhicule, annuel (dollars par kilomètre), CANSIM (base de données). [En ligne : www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?lang=fra&id=4080011&retrLang=fra] (Consulté le 13 octobre 2017).

Tableau 6.
Coûts d'opération par km et annuel des minibus

COÛTS D'OPÉRATION	ESSENCE	ÉLECTRIQUE
Entretien (\$/km)	0,100 \$	0,067 \$
Énergie propulsion + chauffage (\$/km)	0,400 \$	0,079 \$
Coûts d'opération (\$/km)	0,500 \$	0,146 \$
Coûts d'entretien annuels	13 933 \$	9 335 \$
Coûts d'énergie annuels	55 498 \$	11 114 \$
Coûts d'opération annuels	69 431 \$	20 449 \$
Économies annuelles		48 982 \$

En plus de la différence de coûts d'opération des véhicules à essence ou électriques, il importe d'inclure à la réflexion la variabilité des prix de l'énergie. Les produits pétroliers ont des prix qui fluctuent de façon importante, comparative-ment à l'électricité (Figure 15)⁷⁸. **Opter pour l'électricité permet donc de stabiliser les coûts d'opération du transport collectif.**

4.2.4. COÛT TOTAL DE POSSESSION (CTP)

En projetant les coûts d'opération sur un horizon de vie des véhicules de 10 ans, on remarque que le CTP est environ 35 % plus bas pour un véhicule élec-trique, équivalent à près de 510 000 \$ comparative-ment à un peu moins de 790 000 \$ pour un véhicule à essence (Tableau 7). Il est particulièrement saisis-sant de constater la somme que représentent sur 10 ans les coûts de carburant, soit près de 555 000 \$.

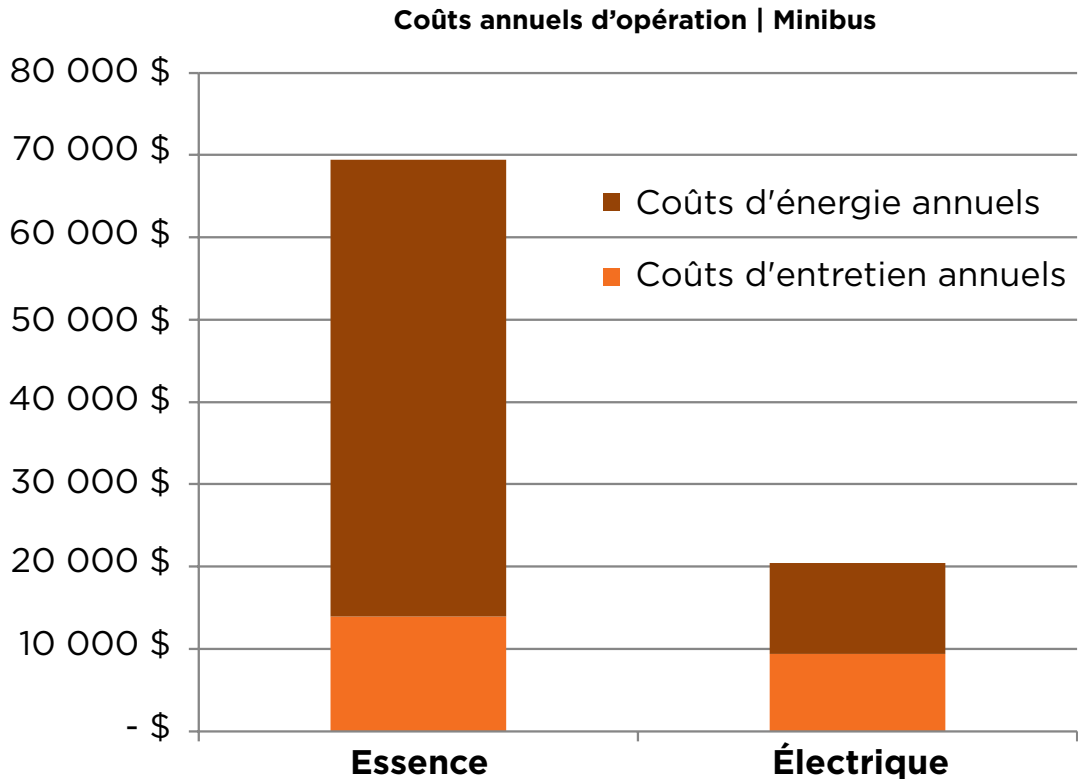


Figure 14. Coûts annuels d'opération d'un minibus à essence comparativement à un minibus électrique

⁷⁸ HYDRO-QUÉBEC. *Prix de l'électricité, ici et ailleurs*. [En ligne : hydroquebec.com/affaires/tarifs-et-facture/tarification/prix-de-lelectricite-ici-et-ailleurs] (Consulté le 27 octobre 2017)
NOTE : Ce graphique illustre les prix du mazout et du gaz naturel, et non celui de l'essence vendue à la pompe. Cependant, les produits pétroliers de tous types varient de façon conséquente.

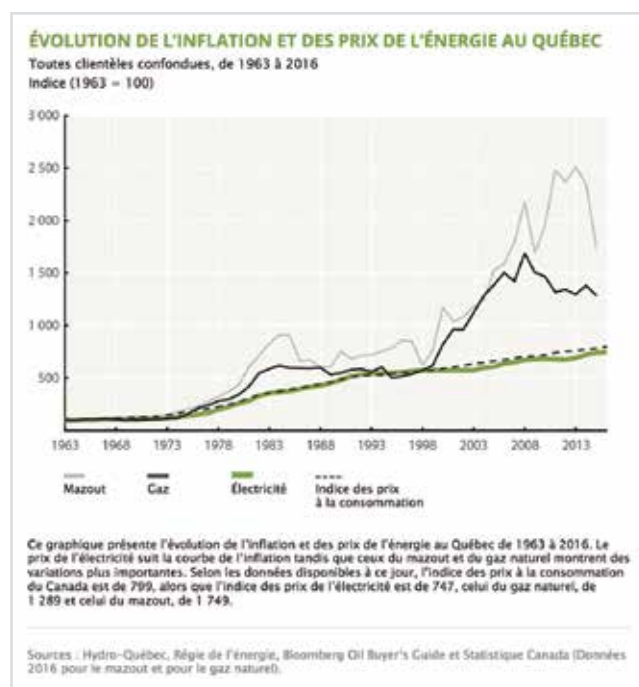


Figure 15. Variabilité des prix des produits pétroliers comparativement à l'électricité et à l'indice des prix à la consommation (IPC). Source : Hydro-Québec, 2017

Visuellement (Figure 16), on constate que la **solution électrique est très profitable, même en l'absence de tout programme de subvention**. Ce n'est donc pas l'écart de CTP qui devrait guider ou justifier l'élaboration d'un programme de subvention, mais plutôt la charge financière à court terme que représente l'acquisition des véhicules, combinée à l'implantation des réseaux de recharge.

En représentant les coûts annuels sur la vie du véhicule électrique (Figure 17), on constate bien que le surcoût de l'achat est rapidement compensé durant la quatrième année d'opération.

Les tableaux de calculs des 6 minibus requis pour les circuits régionaux sont présentés au (Tableau 8). On y remarque que les économies varient d'un trajet à l'autre en fonction de la longueur du trajet, qu'au total les économies annuelles sur les coûts d'opération sont de près de 306 000 \$, et que les économies potentielles totales pour l'ensemble des 6 trajets se chiffrent à plus de 1 785 464 \$ sur 10 ans.

Tableau 7.
Estimation du coût total de possession (CTP) des minibus

COÛT TOTAL DE POSSESSION	ESSENCE	ÉLECTRIQUE
Total coûts d'entretien (vie)	139 333 \$	94 460 \$
Total coûts d'énergie (vie)	554 981 \$	111 137 \$
Coûts totaux d'opération (vie)	694 314 \$	204 490 \$
Coût net d'acquisition	93 000 \$	306 000 \$
Coût total de possession (CTP)	787 314 \$	510 490 \$
Économies potentielles		276 824 \$
Subvention	- \$	- \$
Retour sur l'investissement (années)	-	4,35

Coût total de possession | Minibus

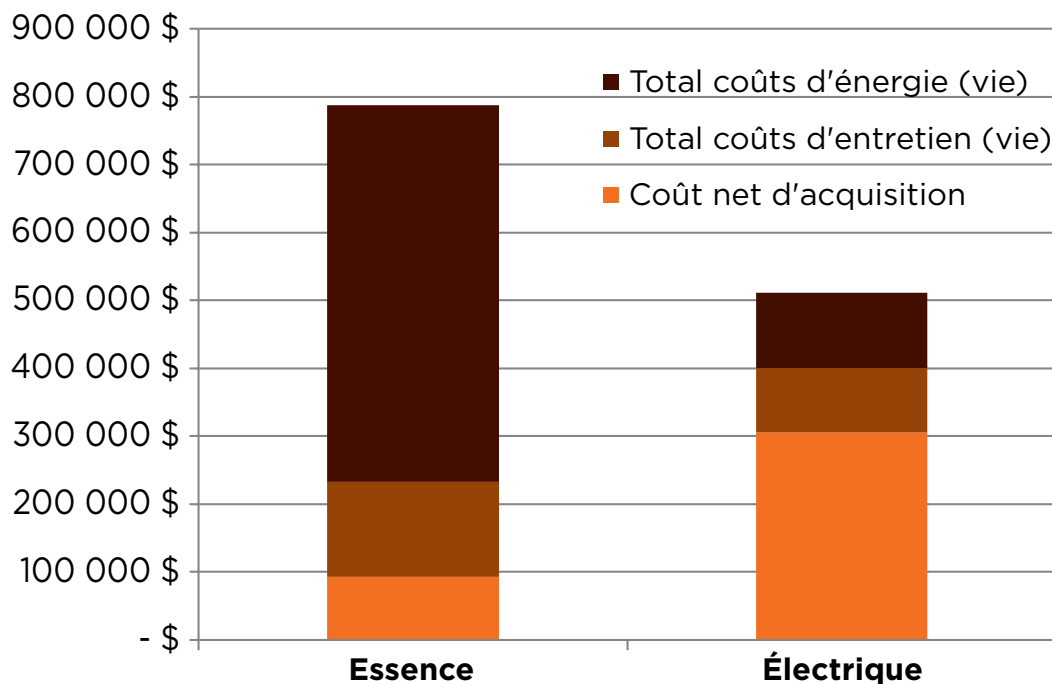


Figure 16. Comparaison du CTP pour un minibus à essence et électrique sur une période de 10 ans

Projection des coûts annuels | Minibus

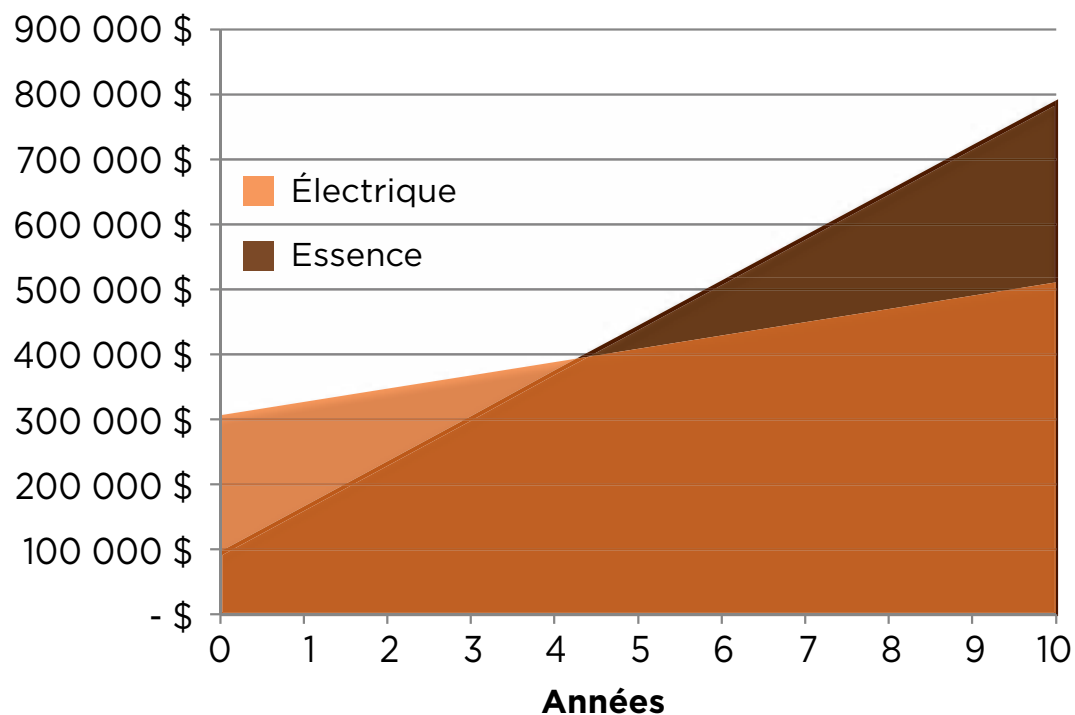


Figure 17. Projection des coûts annuels (acquisition et opération) sur 10 ans. Le point d'équivalence est atteint durant la quatrième année

Tableau 8. Comparaison économique des coûts d'acquisition, d'opération et du CTP des options essence et électrique pour les six trajets de minibus proposés dans les plans de transport au BSL

CIRCUIT:														BSL
De - À:														
1		2		3		4		5		6		Moyenne		
La Pocatière - Rivière-du-Loup		Dégelis - Rivière-du-Loup		St-Simon - Rivière-du-Loup		Rivière-du-Loup - Rimouski		Causapscal - Rimouski		Les Méchins - Rimouski		TOTAL		
Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	
402,6	402,6	548,4	548,4	379,8	379,8	715,2	715,2	553,8	553,8	820,8	820,8	570,1	570,1	
260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	
4	4	7	7	7	7	4	4	7	7	4	4	4	4	
97,3%	98%	97,3%	98%	97,3%	98%	97,3%	98%	97,3%	98%	97,3%	98%	97,3%	98%	
101858	103066	138745	140390	96089	97229	180946	183091	140111	141773	207662	210125			
Paramètres énergétiques														
Consommation essence (L/100 km)		32	32	32	32	32	32	32	32	32	32			
Coût de l'essence (\$/L)		1,25 \$	1,25 \$	1,25 \$	1,25 \$	1,25 \$	1,25 \$	1,25 \$	1,25 \$	1,25 \$	1,25 \$	1,25 \$	1,25 \$	
Consommation électricité (kWh/km)		0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
Coût électricité (\$/kWh)		0,104 \$	0,104 \$	0,104 \$	0,104 \$	0,104 \$	0,104 \$	0,104 \$	0,104 \$	0,104 \$	0,104 \$	0,104 \$	0,104 \$	
Coûts d'acquisition		Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	
Achat véhicule	93 000 \$	300 000 \$	300 000 \$	93 000 \$	300 000 \$	93 000 \$	300 000 \$	93 000 \$	300 000 \$	93 000 \$	300 000 \$	300 000 \$	300 000 \$	
Subvention*	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	
Borne (achat + installation)		6 000 \$	6 000 \$	6 000 \$	6 000 \$	6 000 \$	6 000 \$	6 000 \$	6 000 \$	6 000 \$	6 000 \$	6 000 \$	6 000 \$	
Capital net	93 000 \$	306 000 \$	306 000 \$	93 000 \$	306 000 \$	93 000 \$	306 000 \$	93 000 \$	306 000 \$	93 000 \$	306 000 \$	306 000 \$	306 000 \$	
Surcoût	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	213 000 \$	
Durée de vie utile		7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10	
Années d'opération simulées		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Chauffage		Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	
Diesel pour chauffage (L/h)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	
Heures d'opération par jour	4,5	4,5	7,7	7,7	5,6	5,6	10,0	10,0	8,0	8,0	8,4	8,4	8,4	
Heures d'opération par an	1172,6	1172,6	2002	2002	1458,6	1458,6	2602,6	2602,6	2080	2080	2184	2184	2184	
Mois avec chauffage par an	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Heures de chauffage par an	782	782	1335	1335	972	972	1735	1735	1387	1387	1456	1456	1456	
Coûts de chauffage annuels		977,17 \$	1 668,33 \$	1 215,50 \$	2 168,83 \$	1 215,50 \$	2 168,83 \$	1 733,33 \$	1 733,33 \$	1 820,00 \$	1 820,00 \$	1 820,00 \$	1 820,00 \$	
Coûts de chauffage annuels (par km)		- \$	0,009 \$	- \$	0,012 \$	- \$	0,012 \$	- \$	0,012 \$	- \$	0,009 \$	- \$	0,009 \$	
Coûts d'opération		Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	
Entretien (\$/ km)	0,100 \$	0,067 \$	0,100 \$	0,067 \$	0,100 \$	0,067 \$	0,100 \$	0,067 \$	0,100 \$	0,067 \$	0,100 \$	0,067 \$	0,067 \$	
Énergie propulsion + chauffage (\$/km)	0,400 \$	0,077 \$	0,400 \$	0,079 \$	0,400 \$	0,080 \$	0,079 \$	0,400 \$	0,080 \$	0,400 \$	0,076 \$	0,400 \$	0,076 \$	
Coûts d'opération (\$/km)		0,500 \$	0,144 \$	0,500 \$	0,146 \$	0,500 \$	0,146 \$	0,500 \$	0,147 \$	0,500 \$	0,143 \$	0,500 \$	0,143 \$	
Coûts d'entretien annuels	10 229 \$	6 853 \$	13 933 \$	9 335 \$	9 650 \$	6 465 \$	18 171 \$	12 175 \$	14 071 \$	9 427 \$	20 854 \$	13 972 \$	13 972 \$	
Coûts d'énergie annuels	40 743 \$	7 911 \$	55 498 \$	11 114 \$	38 436 \$	7 757 \$	72 378 \$	14 487 \$	56 045 \$	11 272 \$	83 065 \$	15 957 \$	15 957 \$	
Coûts d'opération annuels		50 972 \$	14 765 \$	69 431 \$	20 449 \$	48 085 \$	14 222 \$	90 549 \$	26 662 \$	70 115 \$	20 699 \$	103 919 \$	29 929 \$	
Économies annuelles	36 207 \$	48 982 \$	33 863 \$	63 888 \$	49 416 \$	73 990 \$	33 863 \$	63 888 \$	49 416 \$	73 990 \$	306 346 \$	306 346 \$	306 346 \$	
Coût total de possession		Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	Essence	Électrique	
Total coûts d'entretien (vie)	102 289 \$	69 347 \$	139 333 \$	94 460 \$	96 497 \$	65 419 \$	181 712 \$	123 191 \$	140 705 \$	95 390 \$	208 542 \$	141 380 \$	141 380 \$	
Total coûts d'énergie (vie)	407 431 \$	79 114 \$	554 981 \$	111 137 \$	384 358 \$	77 570 \$	723 782 \$	144 871 \$	560 446 \$	112 717 \$	830 650 \$	159 571 \$	159 571 \$	
Coûts totaux d'opération (vie)		509 721 \$	147 647 \$	694 314 \$	204 490 \$	480 854 \$	142 223 \$	905 495 \$	266 618 \$	701 151 \$	206 990 \$	1 039 192 \$	299 294 \$	
Coût net d'acquisition	93 000 \$	306 000 \$	93 000 \$	306 000 \$	93 000 \$	306 000 \$	93 000 \$	306 000 \$	93 000 \$	306 000 \$	93 000 \$	306 000 \$	306 000 \$	
Coût total de possession (CTP)		602 721 \$	453 647 \$	787 314 \$	510 490 \$	573 854 \$	448 223 \$	998 495 \$	572 618 \$	794 151 \$	512 990 \$	1 132 192 \$	605 294 \$	
Économies potentielles	149 073 \$	276 824 \$	125 632 \$	425 877 \$	281 161 \$	526 898 \$	125 632 \$	425 877 \$	281 161 \$	526 898 \$	1 785 464 \$	1 785 464 \$	1 785 464 \$	
Subvention*	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	- \$	
Retour sur l'investissement (années)		-	5,88	4,35	3,33	6,29	-	3,33	-	4,31	-	2,88	4,51	

Note : Plusieurs partenaires du projet ont généreusement collaboré à différentes étapes de la validation des calculs de ces scénarios, notamment Sylvain Castonguay (base du tableau de calcul qui a été ensuite adapté), La Compagnie Électrique Lion, Transport Pascal Ouellet et GESTRANS. Cependant, les résultats présentés ci-dessus n'engagent que le CREBSL.

*Bien qu'aucune subvention n'ait été incluse au calcul puisqu'aucune n'est en vigueur actuellement, une aide financière sera vraisemblablement disponible prochainement (voir section 4.2.2).

4.3. FAISABILITÉ DES TRAJETS DE MINIBUS

Afin d'évaluer la faisabilité des trajets de minibus pour les véhicules électriques (Figure 18), il faut examiner plusieurs variables. Les principales caractéristiques des trajets proposés par Gestrans dans les plans de transport sont présentées au tableau 9.

En fonction des paramètres d'autonomie et de consommation d'électricité (kWh/km) des véhicules électriques, il a été possible de simuler la diminution de l'autonomie au cours de chaque circuit, dont un exemple est présenté ici (Tableau 10). Cependant, comme l'autonomie n'est pas suffisante pour boucler les trois trajets par jour, nous avons intégré des périodes de recharge aux extrémités des trajets, et parfois à mi-parcours (Tableau 10). Pour les trajets plus longs (La Pocatière, Rivière-du-Loup et Les Méchins), la recharge rapide existante de 50 kW ne suffisait pas. En collaboration avec le Circuit électrique⁷⁹ et après avoir validé auprès de La compagnie

électrique Lion⁸⁰ la compatibilité de leur minibus avec la recharge de 100 kW, celle-ci a été ajoutée à ces trajets (voir section 6.3.1 pour plus d'explications sur cette puissance de recharge). **En simulant la présence d'une recharge à 100 kW aux arrêts requis (Tableau 9), tous les trajets sont possibles.** Toutefois, le trajet partant de Les Méchins étant le plus long, sa faisabilité est plus incertaine. Cette contrainte peut être facilement solutionnée en faisant faire le tronçon Mont-Joli - Rimouski par le minibus provenant de Causapscal plutôt que par celui des Méchins, ce qui équilibrerait les deux trajets.

Tableau 9.
Description des trajets de minibus proposés dans les plans de transport

CIRCUITS			KM (ALLER)	TRAJETS/JOUR (ALLER-RETOUR)	PUISSANCE DES BORNES REQUISES (KW)
#	DÉPART	ARRIVÉE			
1	La Pocatière	Rivière-du-Loup	71	3	100
2	Dégelis	Rivière-du-Loup	91	3	50/100
3	Saint-Simon	Rivière-du-Loup	63	3	50/100
4	Rivière-du-Loup	Rimouski	119	3	100
5	Causapscal	Rimouski	80 (Mont-Joli)	3	50/100
6	Les Méchins	Rimouski	136	3 (5)	100

Adapté de : Gestrans

⁷⁹ CLOUTIER, R., Chef - relations d'affaires, Circuit électrique. Communication personnelle, 7 novembre 2017.

⁸⁰ RINGUET, M-E, Directeur marchés émergents, La compagnie électrique Lion. Communication personnelle, 13 novembre 2017.

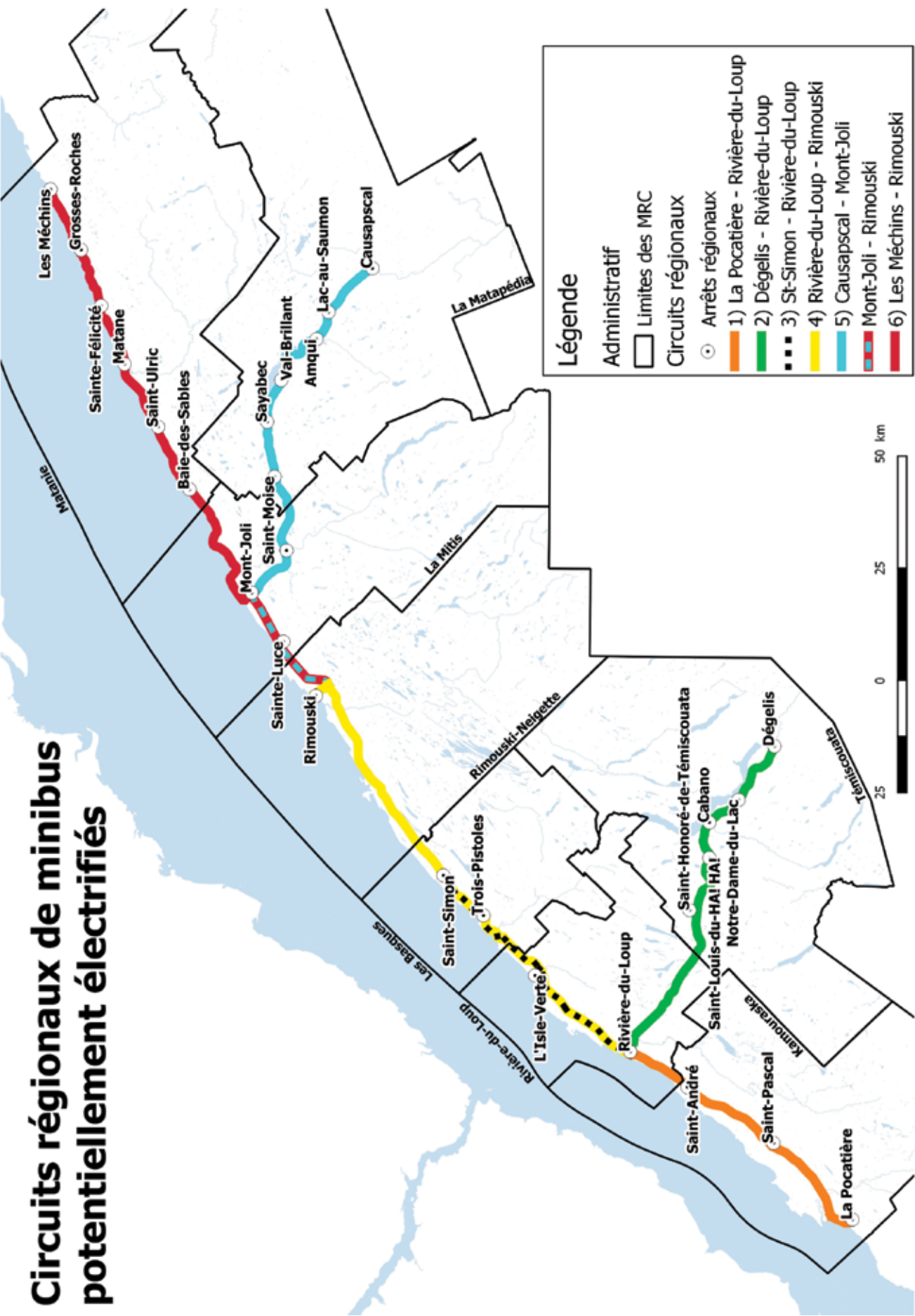


Figure 18. Cartes des circuits régionaux de minibus pouvant être électrifiés.

Tableau 10.

Exemple de calcul de l'autonomie et de la recharge (trajet de minibus Rivière-du-Loup - Rimouski) pour analyser la faisabilité des trajets

Autonomies possibles

Capacité batteries (kWh)	80	160
Efficacité (km/kWh)	1,5	1,5
Autonomie max (km)	120	240

Niveaux de recharge possibles

	BRCC 100kW	BRCC 50kW	240V
Taux (km/h)	160	80	12
Temps max	01:30	03:00	20:00

Minibus 1

CIRCUIT:		RIVIÈRE-DU-LOUP - RIMOUSKI					
Aller	km	Horaire Trajet 1 Aller	Autonomie Trajet 1 Aller	Trajet 2 Aller	Autonomie Trajet 2 Aller	Trajet 3 Aller	Autonomie Trajet 3 Aller
Rivière-du-Loup		06:00	240,0	10:15	147,7	15:04	148,5
L'Isle-Verte	30,5	06:28	209,5	10:43	117,2	15:33	118,0
Trois-Pistoles	19,7	06:45	189,8	11:00	97,5	15:50	98,3
Arrêt Trois-Pistoles (durée)		00:00	189,8	00:10	97,5	00:10	98,3
Recharge BRCC (kW)	100	00:00	189,8	00:10	124,2	00:10	125,0
Recharge 240V		00:00	189,8	00:00	124,2	00:00	125,0
Saint-Simon	13,1	06:56	176,7	11:21	111,1	16:01	111,9
			176,7		111,1		111,9
			176,7		111,1		111,9
			176,7		111,1		111,9
Rimouski	55,9	07:40	120,8	12:05	55,2	16:45	56,0
Total	119,2	01:40	120,8		55,2		56,0
Arrêt Rimouski (durée)		00:20	120,8	00:35	55,2	00:35	56,0
Recharge BRCC (kW)	100	00:20	174,1	00:35	148,5	00:35	149,3
Recharge 240V		00:00	174,1	00:00	148,5	00:00	149,3
Retour	km	Trajet 1 Retour	Autonomie Trajet 1 Retour	Trajet 2 Retour	Autonomie Trajet 2 Retour	Trajet 3 Retour	Autonomie Trajet 3 Retour
Rimouski		08:00	174,1	12:40	148,5	17:20	149,3
Saint-Simon	55,9	08:44	118,2	13:24	92,6	18:04	93,4
Trois-Pistoles	13,1	08:55	105,1	13:35	79,5	18:15	80,3
Arrêt Trois-Pistoles (durée)		00:00	105,1	00:10	79,5	00:10	80,3
Recharge BRCC (kW)	100	00:00	105,1	00:10	106,2	00:10	107,0
Recharge 240V		00:00	105,1	00:00	106,2	00:00	107,0
L'Isle-Verte	19,7	09:11	85,4	14:01	86,5	18:41	87,3
			85,4		86,5		87,3
			85,4		86,5		87,3
			85,4		86,5		87,3
Rivière-du-Loup	30,5	09:40	54,9	14:30	56,0	19:10	56,8
Total	119,2	01:40	54,9		56,0		56,8
Arrêt Rivière-du-Loup (durée)		00:34	54,9	00:34	56,0	10:49	56,8
Recharge BRCC (kW)	100	00:34	147,7	00:34	148,5	00:30	136,8
Recharge 240V		00:00	147,7	00:00	148,5	10:19	240,0
Total aller-retour	238,4	03:20					
Trajets / jour	3	3					
Total journalier	715,2	10:00					
	km	Durée					
Total arrêts trajet		00:54		01:29		11:44	14:09
Total BRCC trajet		00:54		01:29		01:25	03:49
Total 240 V trajet		00:00		00:00		10:19	10:19

Légende

= période de recharge

= paramètres ajustables

							Total journalier
--	--	--	--	--	--	--	---------------------

4.4. CONNEXIONS INTERRÉGIONALES

Il serait opportun de considérer l'ajout de connexions du service de transport collectif du BSL avec ceux des régions voisines (Gaspésie et Chaudières-Appalaches), en plus de la connectivité avec Orléans Express déjà intégrée aux plans de transport par Gestrans⁸¹ ou de celle vers le Nouveau-Brunswick (Figure 19). Les distances

restant à couvrir vers les circuits de la RÉGÎM sont de 13 km entre Les Méchins et Capucins et de 58 km entre Causapsal et Matapédia. Le service « Accès l'Islet » relie déjà La Pocatière, mais l'arrimage des horaires et des correspondances restent à examiner.

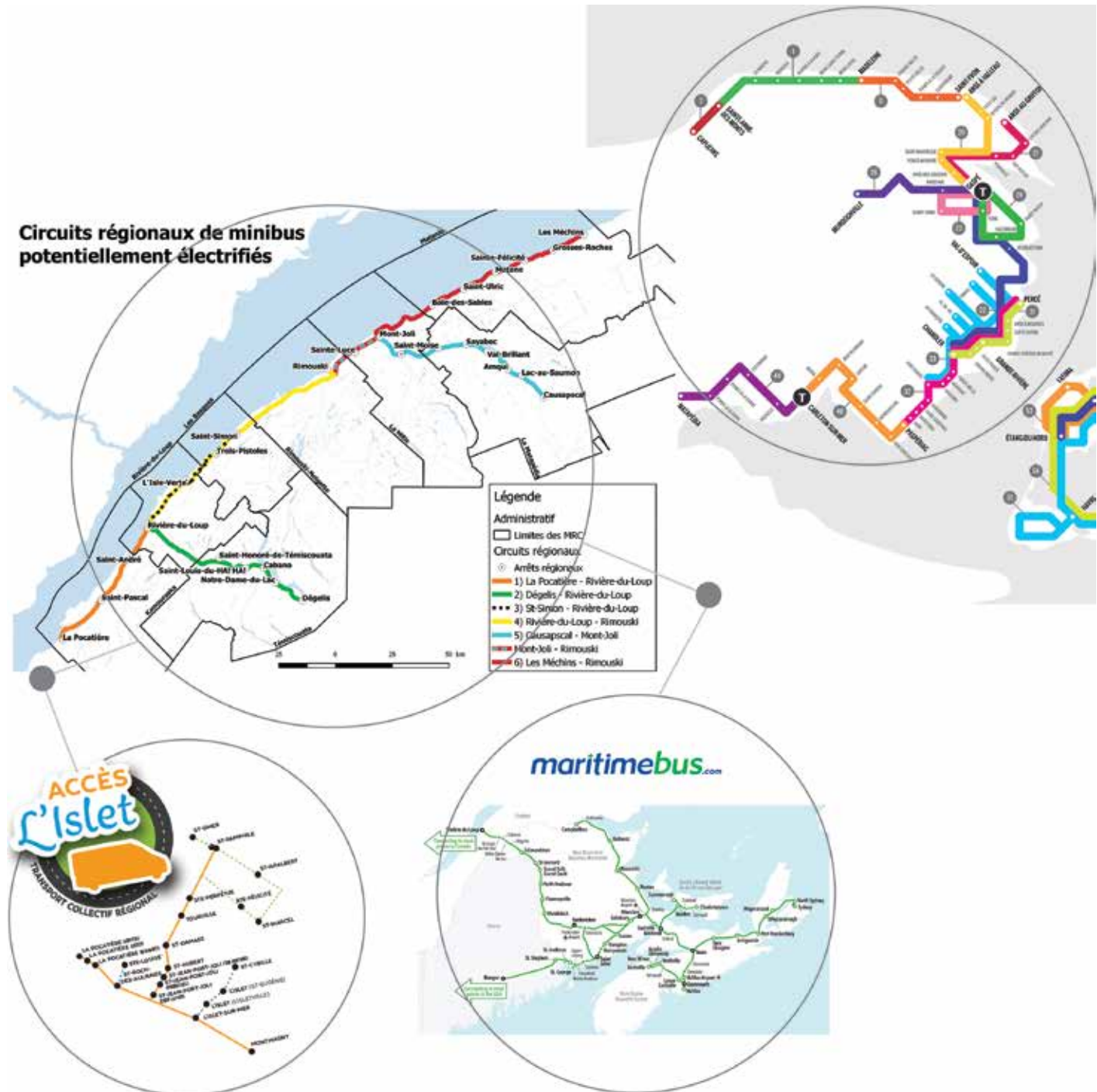


Figure 19. Circuit régional du BSL et connectivité potentielle avec les réseaux de transport collectif des régions voisines et le Nouveau-Brunswick.

⁸¹ Gestrans, 2017, *op. cit.*

4.5. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES MINIBUS ÉLECTRIQUES

Comme il a été mentionné au cours de l'analyse, les véhicules électriques comportent des avantages et des inconvénients. Certains de ces avantages sont similaires à ceux observés pour une voiture électrique, et une description plus détaillée est présentée à la section 5.2.2. De plus, un opérateur régional d'autobus scolaires

électriques a observé qu'en conditions hivernales, les véhicules électriques démarrent plus facilement que leur contrepartie au diesel ou à essence et offrent un torque plus puissant, ce qui peut être important dans la neige ou des pentes prononcées⁸². Le tableau 11 en fait une synthèse visuelle.

Tableau 11.
Synthèse des principaux avantages et inconvénients des minibus électriques comparativement aux modèles à essence

	ESSENCE	ÉLECTRIQUE
Coût total de possession	Élevé	37 % moins élevé
Attractivité	Attractivité actuelle	Attractivité accrue
Énergie	Non renouvelable, canadienne ou étrangère	Renouvelable et locale ou provinciale
Démarrage par grand froid	Problématique	Facile
Influence des facteurs météo (froid, précipitations, vent) et du relief	Augmente la consommation de carburant	Augmente la consommation d'énergie et diminue l'autonomie
Planification des trajets	Habituelle ou faible	Plus attentive
Fabrication québécoise des composantes	Moindre	Accrue
Torque	Moindre	Plus puissant

IL RESSORT DE CETTE ANALYSE QUE L'ADOPTION DE MINIBUS ÉLECTRIQUE POUR METTRE SUR PIED UN SERVICE DE TRANSPORT COLLECTIF AU BSL SERAIT AVANTAGEUSE D'UN POINT DE VUE ÉCONOMIQUE. CES AVANTAGES S'AJOUTENT À CEUX RELIÉS À L'ENVIRONNEMENT, À LA SANTÉ ET À LA SOCIÉTÉ PRÉSENTÉS À LA SECTION POURQUOI L'ÉLECTRIFICATION?. DES ÉLÉMENTS SPÉCIFIQUES AUX MINIBUS SONT INCLUS DANS LES RECOMMANDATIONS FINALES, APRÈS LES PROCHAINES SECTIONS CONSACRÉES À L'ANALYSE DU POTENTIEL D'ÉLECTRIFICATION DES TAXIBUS ET AUX BORNES DE RECHARGE.

⁸² Bérubé, G., Transport Pascal Ouellet, communication personnelle, 24 février 2017.



La démonstration qu’il est possible d’offrir un service de taxi avec des véhicules électriques a déjà été faite par l’entreprise Téo Taxi à Montréal depuis 2016⁸³. Bien que l’expérience semble concluante à plusieurs points de vue, plusieurs pourraient penser que l’aventure n’est possible que dans une grande ville.

La présente section de l’étude vise donc à analyser si l’électrification des taxis est possible au BSL, une région éloignée des grands centres caractérisée par une faible densité de population et de grandes distances à parcourir. Plus précisément, nous examinerons les types de véhicules existants, la faisabilité avec ces véhicules des trajets de taxibus qui sont proposés par Gestrans dans le plan de transport régional, ainsi que la comparaison économique de cette option par rapport aux taxibus à essence. Le potentiel de réplication à d’autres flottes de transport sera finalement discuté.

5.1. VÉHICULES ÉLECTRIQUES EXISTANTS

Pour bien appréhender la section suivante portant sur l’utilisation de voitures électriques, il importe d’abord de bien comprendre les types de véhicules électriques et leurs caractéristiques, afin de pouvoir ensuite analyser adéquatement les particularités des modèles offerts.

5.1.1. TYPES DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES

Les principaux types de véhicules électriques^{84,85} et leurs caractéristiques sont présentés dans le tableau 12 ci-dessous. Les véhicules hybrides, qui sont aujourd’hui relativement courants sur les routes, ne sont pas considérés comme des véhicules électriques mais sont inclus dans ce tableau afin de permettre de comprendre ce qui distingue les véhicules électriques de ceux-ci.

Tableau 12.
Caractéristiques des types de véhicules électriques et hybrides

	VÉHICULE ENTIÈREMENT ÉLECTRIQUE (VEÉ)	VÉHICULE ÉLECTRIQUE À AUTONOMIE PROLONGÉE (VÉAP)	VÉHICULE HYBRIDE RECHARGEABLE (VHR)	VÉHICULE HYBRIDE
Moteur(s) pour la propulsion	Électrique	Électrique	Électrique + Essence	Électrique + Essence
Branchable	oui	oui	oui	
Récupération de l’énergie du freinage	oui	oui	oui	oui
Génératrice pour recharge en route		oui		
Essence		oui	oui	oui

⁸³ TÉO TAXI. [En ligne : teomtl.com] (Consulté le 8 novembre 2017).

⁸⁴ MTMDET. Découvrir les véhicules électriques. [En ligne : vehiculeselectriques.gouv.qc.ca/particuliers/vehicules-electriques.asp] (Consulté le 13 novembre 2017).

⁸⁵ AVÉQ. Capsules d’info. [En ligne : aveq.ca/capsules-dinfo.html] (Consulté le 13 novembre 2017).

5.1.2. MODÈLES DE VÉHICULES OFFERTS

L'offre de voitures électriques progresse rapidement, et de nouveaux modèles sont régulièrement ajoutés. Les principaux modèles de VEÉ et VÉAP actuellement en vente, ou qui le seront bientôt, sont présentés au tableau 13. En complément aux données de l'AVÉQ⁸⁶ sur lequel est basé ce tableau, l'Institut du véhicule innovant (IVI) publie annuellement une brochure qui permet d'avoir un aperçu de l'offre et des caractéristiques des véhicules disponibles⁸⁷. L'autonomie des VEÉ varie de 100 à 473 km, alors que pour les VÉAP elle est de 53 à 130 km en mode 100 % électrique avant que l'essence ne la prolonge. Les VEÉ et VÉAP sont admissibles à un rabais gouvernemental de 8000 \$ s'appliquant également aux taxis⁸⁸.

Les VHR ont une autonomie en mode électrique relativement limitée par rapport aux VEÉ et VÉAP, mais ont en contrepartie l'avantage d'une grande autonomie si l'on additionne celle obtenue grâce à l'essence (Tableau 14). Le gouvernement offre un rabais moindre de moitié pour les VHR par rapport aux VEÉ et VÉAP.

Au-delà de l'autonomie et du prix, d'autres facteurs peuvent entrer en considération dans le choix d'un véhicule électrique pour une utilisation en tant que taxi. L'espace intérieur a notamment été identifié par des opérateurs régionaux de taxi comme une lacune potentielle de plusieurs modèles de voitures électriques offerts. À titre de solution, Téo Taxi utilise des Kia Soul, Nissan LEAF (voitures compactes moins spacieuses) et Tesla modèles S et X (berline et utilitaire sport plus spacieuses). Le nombre de passagers indiqué par le client lors de la réservation permet d'affecter le bon type de véhicule pour chaque course. Pour les trajets de taxibus, qui parfois requièrent plus d'espace selon l'achalandage, il est à noter qu'une mini-fourgonnette pouvant parcourir 53 km en mode 100% électrique, la Chrysler Pacifica hybride, est aussi disponible (Tableau 13).

Tableau 13.
Principaux modèles de véhicules électriques actuellement ou bientôt sur le marché

VOITURES VEÉ	AUTONOMIE (KM AVEC ESSENCE)	AUTONOMIE (KM ÉLECTRIQUE SEULEMENT)	GARANTIE BATTERIE (ANNÉES / 1000 KM)	PRIX DE BASE	RABAIS GOUVERNEMENTAL
BMW i3 (VEÉ / VÉAP)	250	130	8 / 160	46 000 \$	8000 \$
Chevrolet Bolt EV	-	383	8 / 160	44 745 \$	8000 \$
Chevrolet Volt (VÉAP)	500 +	85	8 / 160	40 090 \$	8000 \$
Chrysler Pacifica Hybride (VÉAP) – mini-fourgonnette	500 +	53	10 / 160	56 495 \$	8000 \$
Hyundai Ioniq	-	200	8 / 160	36 000 \$	8000 \$
Ford Focus Electric	-	185	8 / 160	33 250 \$	8000 \$
Kia Soul EV	-	150	8 / 160	37 250 \$	8000 \$
Mitsubishi iMiev	-	100	8 / 160	28 000 \$	8000 \$
Nissan LEAF	-	172	8 / 160	33 998 \$	8000 \$
Nissan LEAF 2018	-	241	8 / 160	35 998 \$	8000 \$
Smart ED	-	108	4 / 8	26 000 \$	8000 \$
Tesla Model 3	-	350 500	8 / 160 8 / 195	44 000 \$ 55 000 \$	8000 \$
Tesla Model S60	-	338	8 / ---	90 000 \$	8000 \$
Tesla Model S75D	-	400	8 / ---		
Tesla Model S90D	-	473	8 / ---		
Volkswagen eGolf	-	201	NA	36 000 \$	8000 \$

Adapté de : AVÉQ, 2017.

⁸⁶ AVÉQ. *Guide d'achat : automobile* [En ligne : aveq.ca/automobiles.html] (Consulté le 13 novembre 2017).

⁸⁷ INSTITUT DU VÉHICULE INNOVANT (IVI). *Branchez-vous, édition 2017*. [En ligne : branchezvous.org/wp-content/uploads/2017/01/brochure-bv2017_lowres_fra.pdf] (Consulté le 13 novembre 2017).

⁸⁸ Voir le document complémentaire portant sur le financement, disponible sur la page dédiée au projet du site crebsl.com/mobilite/electrification.

Tableau 14.
Principaux modèles de véhicules hybrides rechargeables actuellement ou bientôt sur le marché

VOITURES VHR	AUTONOMIE (KM AVEC ESSENCE)	AUTONOMIE (KM ÉLECTRIQUE SEUL.)	GARANTIE BATTERIE (ANNÉES / 1000 KM)	PRIX DE BASE	RABAIS GOUVERNEMENTAL
Audi e-Tron	500 +	26		39 200 \$	4000 \$
Volvo XC90	500 +	27		61 300 \$	4000 \$
Hyundai Sonata PHEV	500 +	43		43 999 \$	4000 \$
Ford Fusion Energi	500 +	35		36 700 \$	4000 \$
Ford C-MAX Energi	500 +	35		33 700 \$	4000 \$
Toyota Prius	500 +	30		35 000 \$	500 \$
Toyota Prius Prime	500 +	40		33 000 \$	4000 \$
Mitsubishi Outlander PHEV	500 +	54		47 000 \$	4000 \$
Kia Optima PHEV	500 +	54		44 555 \$	4000 \$

Adapté de : AVÉQ, 2017.

5.2. FAISABILITÉ DES TRAJETS

5.2.1. LONGUEUR DES TRAJETS

Les 35 trajets de rabattement par taxibus vers les circuits régionaux de minibus dans le plan de transport régional sont de longueurs très variables (Figure 11 et Tableau 15).

La majorité des trajets (32 sur 35) sont de 4 à 40 km. C'est donc dire qu'il faut compter entre 8 et 80 km aller-retour pour faire le trajet du point de départ (à vide) au retour (avec les passagers). Ce groupe de trajets sera désigné sous le terme **trajets courts** pour la suite de l'analyse.

Les trajets de Saint-Hubert-de-Rivière-du-Loup et de Lac-des-Aigles font, quant à eux, respectivement 44 et 55 km (donc 88 et 110 km aller-retour) pour rallier Rivière-du-Loup et Cabano. Ce seront les **trajets moyens**.

Un seul des trajets est beaucoup plus long que les autres avec 121 km (donc 242 km aller-retour), reliant Saint-Marc-du-Lac-Long et Rivière-du-Loup. Ce sera le **trajet long**.

5.2.2. AUTONOMIE NÉCESSAIRE ET FACTEURS L'AFFECTANT

L'autonomie d'une voiture électrique est affectée par plusieurs facteurs, dont voici un aperçu.

- La température :
 - le froid nuit aux réactions chimiques dans la batterie et en diminue l'autonomie;
 - le froid augmente la densité de l'air, ce qui demande plus d'énergie pour faire avancer le véhicule;
 - le chauffage de l'habitacle cause une demande accrue en énergie, bien que plusieurs modèles soient équipés de sièges et volants chauffants moins énergivores.
- Le vent de face augmente l'énergie nécessaire pour faire avancer le véhicule.
- La neige sur la chaussée augmente la résistance, donc la quantité d'énergie nécessaire pour parcourir une même distance.
- Le relief influe sur la consommation en l'augmentant lors des montées, mais en permettant de récupérer une partie de l'énergie lors des descentes.

Tableau 15.

Routes de rabattement de taxibus proposées par GESTRANS, incluant la distance et la durée (aller seulement) ainsi que les trajets effectués par jour. La MRC d'appartenance, la localité de départ, celles parcourues en cours de trajet, la destination de même que les correspondances avec les circuits régionaux de minibus sont indiquées.

MRC	#	À PARTIR DE	VIA	VERS	CORRESPONDANCE CIRCUITS RÉGIONAUX	DISTANCE ALLER (KM)	DURÉE	TRAJETS PAR JOUR*
Kamouraska	1	Saint-Gabriel-Lalemant	Saint-Onésime, Sainte-Anne-de-la-Pocatière	La Pocatière	#1 La Pocatière - Rivière-du-Loup	14,7	00:15	M/m/S
	3	Rivière-Ouelle				8,7	00:07	M/m/S
	2	Saint-Pacôme				17,4	00:04	M/m/S
	8	Mont-Carmel	Saint-Philippe-de-Néri	Saint-Pascal		13,0	00:12	M/m/S
	4	Saint-Denis	Kamouraska			15,1	00:15	M/m/S
	5	Saint-Bruno-de-Kamouraska				11,6	00:13	M/m/S
	6	Saint-Germain	Sainte-Hélène	Saint-Alexandre de Kamouraska		23,3	00:19	M/m/S
Témiscouata	7	Saint-Joseph-de-Kamouraska	Saint-André		#2 Dégellis - Rivière-du-Loup	15,3	00:15	M/m/S
	1	Saint-Marc-du-Lac-Long	Rivière-Bleue, Pohenégamook, Saint-Athanase	Rivière-du-Loup		121,0	01:46	M/S
	3	Saint-Elzéar-de-Témiscouata		Saint-Louis-du Ha! Ha!		13,0	00:12	M/m/S
	4	Saint-Eusèbe		Notre-Dame-du-Lac		12,5	00:13	M/m/S
	5	Saint-Jean-de-la-Lande	Packington			24,6	00:25	M/m/S
	6	Leleune	Auclair, Saint-Juste-du-Lac	Dégellis		34,1	00:30	M/m/S
	7	Lac-des-Aigles	Blencourt, Saint-Michel-de-Squatec			55,0	00:46	M/m/S
Rivière-du-Loup	2	Saint-Pierre-de-Lamy		Saint-Honoré-de-Témiscouata	Aucun	14,8	00:15	M/m/S
	8	Saint-Michel-de-Squatec	Blencourt, Lac-des-Aigles	Esprit-Saint (pour Rimouski)		34,0	00:29	M/m/S
	1	Saint-Antonin				14,0	00:15	M/m/S
	2	Saint-Hubert-de-Rivière-du-Loup	Saint-François-Xavier-de-Viger, Saint-Épiphanie, Saint-Modeste	Rivière-du-Loup		44,0	00:48	M/m/S
	5	Notre-Dame-du-Portage				9,0	00:11	M/m/S
	3	Cacouna	Saint-Arsène	L'Isle-Verte		20,5	00:22	M/m/S
	4	Saint-Paul-de-la-Croix				15,0	00:16	M/m/S
Basques	1	Saint-Éloi	Notre-Dame-des-Neiges	Trois-Pistoles	#3 Saint-Simon - Rivière-du-Loup ou #4 Rivière-du-Loup - Rimouski	16,3	00:16	M/m/S
	2	Saint-Jean-de-Dieu				19,1	00:16	M/m/S
	3	Saint-Guy	Saint-Médard, Sainte-Françoise			39,3	00:35	M/m/S
	2	Saint-Cyprien		Saint-Jean-de-Dieu Saint-Simon		20,0	00:17	M/m/S
Rimouski-Neigette	4	Saint-Mathieu-de-Rioux			#4 Rivière-du-Loup Rimouski - ou #6 Les Méchins	6,5	00:07	M/m/S
		Saint-Anaclet				9,2	00:12	2M/m/2S
		Saint-Fabien (route existante)	St-Eugène-de-Ladrière, Saint-Valérien	Rimouski		42,7	00:55	M/S
		Saint-Marcellin (rte. existante)	Saint-Narcisse-de-Rimouski			47,3	00:50	M/S
Matanie		Esprit-Saint (rte. existante)	La Trinité-des-monts		#6 Les Méchins	57,3	00:50	M/S
		Routes existantes de transport collectif maintenues						
Mitis	4	Saint-Charles-Garnier	Les Hauteurs, Saint-Gabriel, Saint-Donat	Sainte-Luce	#6 Les Méchins - Rimouski	37,3	00:35	2M/m/2S
	6	Saint-Joseph		Mont-Joli		4,5	00:06	2M/m/2S
	5	Sainte-Flavie				6,0	00:08	2M/m/2S
	1	Métis-sur-Mer	Grand-Métis	Price		26,6	00:26	2M/m/2S
Matapédia	2	Padoue	Saint-Octave		#5 Causapscal - Mont-Joli	19,6	00:24	2M/m/2S
	3	La Rédemption	Sainte-Jeanne	Sainte-Angèle-de-Méridi		20,1	00:17	2M/m/2S
		Aucune route de rabattement						
						Total	755,1	11:48
						Moyenne	22,9	00:21

*Note: M = matin, m=midi, S = soir, 2M/2S = 2 trajets matin/soir

Adapté de GESTRANS, 2017

*Note: M = matin, m=midi, S = soir, 2M/2S = 2 trajets matin/soir
Adapté de GESTRANS, 2017

Il est important cependant de mentionner que cette **augmentation de consommation affectera aussi une voiture à moteur à combustion interne**, c'est-à-dire que la consommation d'essence augmentera elle aussi dans les conditions ci-dessus. Il y a donc un coût supplémentaire dans les deux cas. La différence se situe dans l'autonomie, qui est plus limitée dans le cas d'une batterie électrique comparativement à un réservoir d'essence. Les conditions climatiques ci-dessus demandent conséquemment une planification plus rigoureuse des trajets et des recharges avec un véhicule électrique.

La question découlant de ce constat demeure : quelle est la perte d'autonomie associée à ces facteurs? La réponse est nuancée et particulière à chaque modèle de véhicule. Pour utiliser un exemple concret, une voiture affichant une autonomie de 160 km correspondant aux conditions idéales en été pourra offrir environ 120 km en hiver de façon générale, voire 100 km dans les pires conditions hivernales (froid extrême, neige).

Une autre question fréquente concerne l'usure des batteries, c'est-à-dire la diminution de l'autonomie due à l'usure normale au fur et à mesure de l'utilisation de celles-ci. Dans le cas d'un usage intensif (p. ex. chez Téo Taxi), on constate une perte d'autonomie plus rapide que dans le cas d'un usage par un particulier, de l'ordre de 1 % de perte d'autonomie par 10 000 km pour les voitures Tesla et de 2 % pour les Kia et les Nissan⁸⁹.

Par conséquent, pour l'électrification des trajets de taxibus, la question n'est pas de savoir si tous les véhicules électriques peuvent servir à faire tous les trajets prévus, mais plutôt de déterminer **quel est le modèle le mieux adapté à chacun des trajets de taxibus**.

En examinant le spectre des autonomies inscrites au tableau 13, on constate que plusieurs modèles de VEÉ actuellement offerts sont en mesure d'offrir un service de rabattement entièrement électrique pour les trajets courts et moyens. Même si les trajets sont parcourus trois fois par jour, les délais entre chaque course de taxibus sont amplement suffisants pour intégrer une recharge à l'horaire (voir la section bornes).



Il est important de noter que les véhicules utilisés comme taxibus seront probablement aussi utilisés comme taxis réguliers à d'autres moments de la journée. Leur kilométrage total journalier sera donc supérieur aux trajets indiqués. Encore une fois, cela pourrait impliquer des recharges entre deux trajets. Il ne s'agit donc pas d'une contrainte qui exclut le choix de VEÉ, mais qui nécessite davantage de planification afin d'intégrer les recharges à l'horaire. Les gestionnaires pourront analyser les coûts et les bénéfices de ce choix à la lumière de la présente étude (en tenant compte notamment des sections comparaison économique - taxibus et bornes).

Pour le trajet long, seuls les modèles de VEÉ à plus longue autonomie tels que la Chevrolet Bolt ou les Tesla permettraient d'offrir un service entièrement électrique. Il serait aussi possible d'utiliser un VÉAP ou VHR. Comme l'autonomie des VEÉ est suffisante, l'analyse économique (section 5.3 ci-dessous) pourra éclairer ce choix, notamment en ce qui a trait aux coûts d'opération (entretien et essence). Cependant, dans la région de Rivière-du-Loup, le superchargeur de Tesla installé à l'Hôtel Universel en 2016 et comptant huit bornes⁹⁰ offre une opportunité exceptionnelle d'opter pour des taxis de cette marque et de les recharger ainsi rapidement en cours d'opération. En effet, la puissance d'un superchargeur est de 120 kW comparativement aux 50 kW des bornes rapides actuelles.

BREF, IL EST POSSIBLE D'OFFRIR L'ENTIÈRETÉ DU SERVICE DE RABATTEMENT PAR TAXIBUS VERS LES CIRCUITS RÉGIONAUX DE MINIBUS AVEC DES VEÉ EXISTANTS.

⁸⁹ AVÉQ. Téo, comment se portent tes batteries? [En ligne : aveq.ca/actualiteacutes/teo-comment-se-portent-tes-batteries] (Consulté le 13 octobre 2017).

⁹⁰ AVÉQ. Inauguration du Superchargeur Tesla de Rivière-du-Loup [En ligne : aveq.ca/actualiteacutes/inauguration-du-superchargeur-tesla-de-riviere-du-loup] (Consulté le 13 octobre 2017).

5.3. COMPARAISON ÉCONOMIQUE – TAXIBUS

Les services de taxibus actuellement offerts au BSL sont opérés par des compagnies ou coopératives de taxis et sont encadrés par une entente avec un mandataire de gestion (ex : la Société des transports de Rimouski) pour l'instance de gouvernance (ex : la MRC de Rimouski-Neigette). Les ententes sont basées sur le tarif relevé par le taximètre. Dans la majorité des cas, les chauffeurs de taxi achètent et choisissent eux-mêmes leurs véhicules. La comparaison qui suit cherche donc à les outiller afin d'éclairer leurs choix de véhicules, mais aussi pour informer les décideurs. Par conséquent, **la comparaison économique qui suit est plutôt basée sur le coût total de possession (CTP) d'une voiture de taxi à essence** comparativement à un équivalent électrique. Et puisque les trajets de taxibus sont de longueur variable, le kilométrage annuel se doit d'être représentatif des activités habituelles d'un taxi, puisque les propriétaires utiliseront vraisemblablement les véhicules de taxibus pour faire du taxi le reste de la journée, tel que mentionné plus tôt dans le texte.

C'est pourquoi des intervenants locaux⁹¹ ainsi qu'un opérateur indépendant de taxi électrique dans la ville de Québec⁹² depuis 2014⁹³ ont été consultés afin de calibrer les paramètres de calcul. Il appert que 60 000 km sont représentatifs du kilométrage annuel que peut parcourir un taxi.

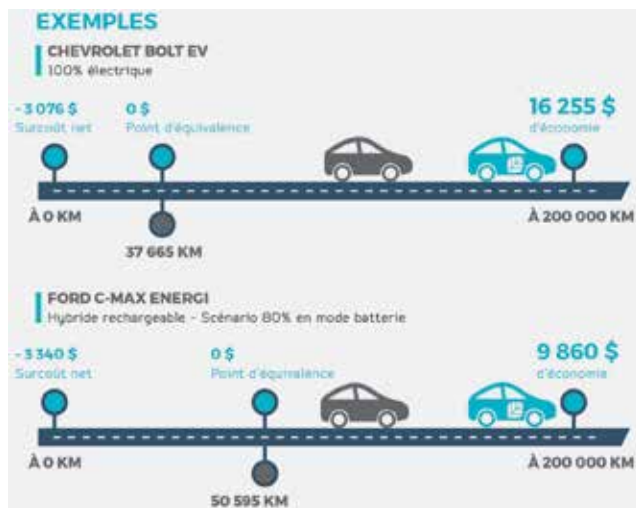


Figure 20. Exemples du point d'équivalence auquel le surcoût d'achat d'un véhicule électrique est amorti et les économies après 200 000 km. Source : IVI, 2017

De plus, il est intéressant de noter au passage que bien qu'aucun taxi utilisant un VEÉ ne circule à notre connaissance dans la région, quelques VHR ont fait leur apparition ces dernières années et qu'il y a un certain intérêt pour les VEÉ. Le principal frein pour passer à un VEÉ est le coût d'achat initial, et ce malgré les 8000 \$ offerts en subvention auxquels les propriétaires de taxi ont également droit⁹⁴. Cet obstacle financier sera un point névralgique à considérer à la lumière des résultats présentés plus bas.

Par ailleurs, plusieurs propriétaires de taxis optent pour des véhicules légèrement usagés (ex : 50 000 km d'usure) qui ont déjà subi leur dépréciation initiale, ce qui peut s'avérer avantageux d'un point de vue économique. Les scénarios élaborés pour la présente étude sont basés sur l'achat de véhicules neufs, mais il est simple de modifier les paramètres pour simuler la différence occasionnée par l'achat d'un véhicule usagé.

La présente comparaison a été construite à partir d'outils existants élaborés par des organismes indépendants et crédibles.

L'AVÉQ a élaboré un outil de calcul qui offre la possibilité de comparer plusieurs modèles de VEÉ, VÉAP ou VHR pour lesquels les données sont intégrées afin de les comparer entre eux ou à un véhicule à essence. Les coûts d'acquisition, d'achat de borne, d'utilisation d'énergie et d'entretien sont calculés. En permettant de plus de moduler les paramètres en téléchargeant le tableur, l'outil permet d'estimer les économies potentielles pour toute la durée de vie du véhicule⁹⁵.

L'IVI propose une comparaison orientée sur le calcul du surcoût d'achat du véhicule électrique par rapport au véhicule à essence, ainsi que sur les coûts d'opération, ce qui permet d'estimer les économies (Figure 20)⁹⁶. L'IVI a aussi rendu disponible un tableur permettant de visualiser les formules et d'en modifier les paramètres pour élaborer des scénarios alternatifs.

Ces outils ont été utilisés afin de simuler l'utilisation que feraient des taxis ou des taxibus (60 000 km par an, pendant 10 ans).

⁹¹ Société des transports de Rimouski, M. A. Arseneault et Taxi 800 Rimouski, M. S. Dionne; communication personnelle, 27 octobre 2017.

⁹² Taxi Tesla Québec, M. C. Roy, Communication personnelle, 31 octobre 2017.

⁹³ BERT, D. « L'artisan et le géant du taxi vert ». La Presse, 12 juin 2017. [En ligne : affaires.lapresse.ca/portfolio/transport-electrique/201706/12/01-5106651-lartisan-et-le-geant-du-taxi-vert.php], et AVÉQ. Après un an et 64 000 km, le « Tesla Taxi » de Québec toujours satisfait [En ligne : aveq.ca/actualite/actualites/apres-un-an-et-64000-km-le-tesla-taxi-de-quebec-toujours-satisfait] (Consulté le 26 octobre 2017).

⁹⁴ Voir le document complémentaire portant sur le financement, disponible sur la page dédiée au projet du site crebsl.com/mobilite/electrification.

⁹⁵ AVÉQ. Avantages économiques. [En ligne : aveq.ca/capsules-dinfo.html] (Consulté le 11 avril 2017).

⁹⁶ IVI. Les indicateurs Branchez-Vous : une nouvelle façon de comparer les véhicules [En ligne : branchezvous.org/les-indicateurs-branchez-vous-une-nouvelle-facon-de-comparer-les-vehicules] (Consulté le 29 octobre 2017).

5.3.1. COMPARAISON DU COÛT TOTAL DE POSSESSION

Selon les informations recueillies auprès de transporteurs régionaux de taxibus et de propriétaires de taxis, un scénario a été élaboré, basé sur un kilométrage annuel de 60 000 km, et ce, pour une période de 10 ans, en utilisant l'outil de calcul de l'AVÉQ⁹⁷. Ce scénario s'applique aux trajets courts et moyens. Dans cette première comparaison (Tableau 16), nous avons utilisé une voiture à essence typique, une Kia Optima hybride rechargeable (VHR, autonomie électrique d'environ 54 km) et une Chevrolet Bolt (VEÉ, autonomie 383 km). Le prix de l'essence utilisé est de 1,25 \$ par litre, et celui de l'électricité est de 0,0892 \$ du kWh. Le tarif d'électricité fixé dans

l'outil correspond au tarif résidentiel, ce qui s'appliquerait bien à la situation d'un propriétaire rechargeant à son domicile. Cependant, dans le cas d'une recharge de flotte, une tarification d'affaires pourrait s'appliquer et être avantageuse (voir section 4.2.1). L'outil comprend les frais d'un financement à l'achat, qui a été conservé dans le calcul.

L'achat d'une borne de recharge, pour la recharge nocturne au garage ou au domicile du propriétaire, est compris dans le scénario (Tableau 17).

Tableau 16.

Paramètres généraux et caractéristiques des véhicules, scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour les trajets courts et moyens

PARAMÈTRES	
Durée d'utilisation (années)	10
Kilométrage annuel	60 000
Prix de l'essence (\$/l)	1,25 \$
Prix de l'électricité (¢/kWh)	8,92 ¢
Prix de l'électricité avec les taxes (¢/kWh)	10,26 ¢

VÉHICULES	ESSENCE	VHR	VEÉ
MODÈLE	VOITURE À ESSENCE	KIA OPTIMA PHEV EX 2017	CHEVROLET BOLT EV LT 2017
PDSF, transport et préparation	26 000,00 \$	44 555,00 \$	44 745,00 \$
Ajustement	- \$	- \$	- \$
Prix avant taxes	26 000,00 \$	44 555,00 \$	44 745,00 \$
TPS (5%)	1 300,00 \$	2 227,75 \$	2 237,25 \$
TVQ (9,975%)	2 593,50 \$	4 444,36 \$	4 463,31 \$
Rabais provincial	- \$	4 000,00 \$	8 000,00 \$
Total avant financement	29 893,50 \$	47 227,11 \$	43 445,56 \$
Durée du financement (mois)	60	60	60
Taux de financement	2,99 %	2,99 %	2,99 %
Coût du financement	2 327,35 \$	3 676,86 \$	3 382,45 \$
Total avec financement	32 220,85 \$	50 903,97 \$	46 828,01 \$

Note : Calculs effectués avec l'outil suivant : AVÉQ. Comparatif des coûts de possession et utilisation de véhicules. 2017 [\[En ligne\]](#).

⁹⁷ Calculs effectués avec l'outil suivant : AVÉQ. Comparatif des coûts de possession et utilisation de véhicules, 2017. [\[En ligne\]](#)

Tableau 17.

Frais relatifs à l'achat d'une borne de recharge; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour les trajets courts et moyens

BORNE DE RECHARGE	ESSENCE	VHR	VEÉ
MODÈLE	AUCUNE	EVDUTY-40 (NOUVEAU MODÈLE)	EVDUTY-40 (NOUVEAU MODÈLE)
PDSF	- \$	799,00 \$	799,00 \$
Ajustement	- \$	- \$	- \$
Installation	- \$	500,00 \$	500,00 \$
Prix avant taxes	- \$	1 299,00 \$	1 299,00 \$
TPS (5%)	- \$	64,95 \$	64,95 \$
TVQ (9,975%)	- \$	129,58 \$	129,58 \$
Rabais provincial - Borne	- \$	350,00 \$	350,00 \$
Rabais provincial - Installation	- \$	250,00 \$	250,00 \$
Total avec rabais	- \$	893,53 \$	893,53 \$

Note : Calculs effectués avec l'outil suivant : AVÉQ. Comparatif des coûts de possession et utilisation de véhicules. 2017 [En ligne].

En termes d'essence, nous avons considéré 260 jours d'opération par taxi par année, ce qui donne près de 231 km/jour à partir du total annuel de 60 000 km. Pour le VHR, les 54 premiers kilomètres sont parcourus à l'électricité, alors que le reste est fait avec de l'essence, ce qui donne une proportion d'utilisation annuelle de 60 % d'essence et de 40 % d'électricité (Tableau 18). Les données de consommation d'électricité ou d'essence spécifiques à chaque modèle de véhicule électrique sont déjà intégrées à l'outil.

Le calcul des coûts d'entretien (Tableau 19) ne tient pas compte de tous les coûts d'entretien, mais seulement de ceux qui différencient le plus le véhicule électrique du véhicule à essence, soit le coût des changements d'huile qui sont complètement évités et les entretiens des freins qui sont deux fois moins fréquents.

Tableau 18.

Utilisation d'énergie; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour les trajets courts et moyens

UTILISATION D'ÉNERGIE	ESSENCE	VHR	VEÉ
MODÈLE	AUCUNE	EVDUTY-40 (NOUVEAU MODÈLE)	EVDUTY-40 (NOUVEAU MODÈLE)
Taux d'utilisation d'essence	100,00 %	59,59 %	0,00 %
Consommation d'essence (l/100km)	8,00	5,88	0,00
Litres d'essence consommés	48000,00	21025,48	0,00
Facture d'essence	60 000,00 \$	26 281,85 \$	- \$
Taux d'utilisation d'électricité	0,00 %	40,41 %	100,00 %
Consommation d'électricité (kWh/km)	0,00	0,21	0,17
kWh consommés	0,00	49714,29	104390,62
Facture d'électricité	- \$	5 098,58 \$	10 706,06 \$
Total énergie	60 000,00 \$	31 380,43 \$	10 706,06 \$

Note : Calculs effectués avec l'outil suivant : AVÉQ. Comparatif des coûts de possession et utilisation de véhicules. 2017 [En ligne].

Tableau 19.

Entretien et coût total de possession sur 10 ans; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour les trajets courts et moyens

ENTRETIEN*	ESSENCE	VHR	VEÉ
Coût changement d'huile et entretien	120,00 \$	120,00 \$	
Nombre de changements d'huile	60	60	0
Total changements d'huile (taxes incluses)	8 278,20 \$	8 278,20 \$	-\$
Coût d'entretien des freins	1 000,00 \$	1 000,00 \$	1 000,00 \$
Nombre d'interventions requises	8	4	4
Total freins (taxes incluses)	9 198,00 \$	4 599,00 \$	4 599,00 \$

COÛT TOTAL DE POSSESSION SUR 10 ANS	ESSENCE	VHR	VEÉ
	VOITURE À ESSENCE	KIA OPTIMA PHEV EX 2017	CHEVROLET BOLT EV LT 2017
	109 697,05 \$	96 055,12 \$	63 026,60 \$

*L'évaluation des coûts d'entretien est approximative, car ceux-ci varient de façon importante en fonction de l'utilisation, de l'environnement et des marques de véhicules. N'ayant trouvé aucune source de données objectives et fiables, il a été estimé qu'un véhicule à essence ou un hybride rechargeable requièrent un changement d'huile aux 10 000 km, et aux 20 000 km pour les hybrides série (Volt et i3 Rex). Il a été estimé qu'un entretien des freins est nécessaire après 70 000 km pour un véhicule à essence, ou après 140 000 km pour un véhicule hybride rechargeable ou série (en bonne partie à cause de la rouille).

Note : Calculs effectués avec l'outil suivant : AVÉQ. *Comparatif des coûts de possession et utilisation de véhicules*. 2017 [\[En ligne\]](#)

Le constat le plus étonnant réside dans le CTP d'un VEÉ comme taxi qui est réduit de presque la moitié sur une période de 10 ans, comparativement à un véhicule à essence équivalent (Figure 21, Tableau 19). Et malgré des économies importantes en termes de carburant, on constate qu'avec l'entretien, tout de même requis pour le **VHR**, le CTP est relativement élevé pour ce type de véhicule, ce qui le rend **nettement moins avantageux que le VEÉ**.

Il serait possible de multiplier les scénarios en utilisant plusieurs modèles, mais le constat serait relativement semblable puisque ce sont avant tout les coûts d'énergie et d'entretien qui font une différence, et que ceux-ci sont similaires d'un modèle à l'autre de VHR ou de VEÉ.

Un scénario adapté pour le trajet long a quand même été élaboré. Le trajet long demande deux allers-retours de 242 km, S'il est fait systématiquement (260 jours/an), cela correspond à 125 840 km/an : comme le taxibus est sur réservation, un total plus prudent de 100 000 km a été simulé (Tableau 20). Les coûts d'énergie (Tableau 21) et d'entretien (Tableau 22) sont conséquents. Par rapport au scénario précédent, le kilométrage annuel ainsi que le choix des voitures a été adapté aux besoins de ce long trajet journalier. Le modèle de VEÉ pour ce scénario est une Tesla Modèle S 75.

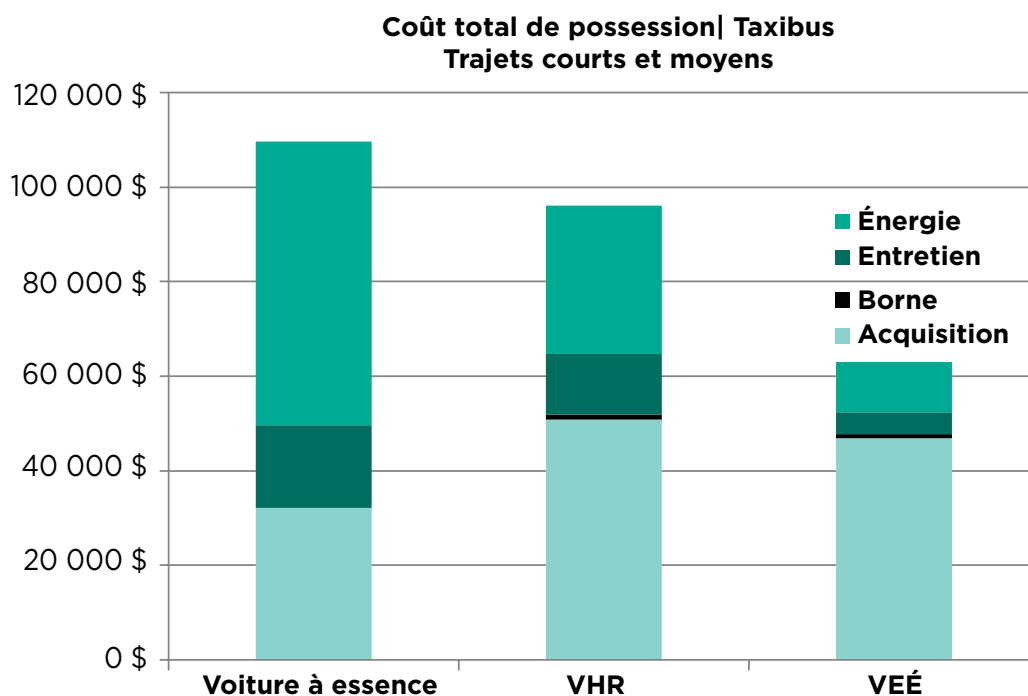


Figure 21. Comparaison des composantes du CTP sur 10 ans; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxibus pour les trajets courts et moyens

Tableau 20.

Paramètres généraux et caractéristiques des véhicules; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour le trajet long

PARAMÈTRES	
Durée d'utilisation (années)	10
Kilométrage annuel	100 000
Prix de l'essence (\$/l)	1,25 \$
Prix de l'électricité (¢/kWh)	8,92 ¢
Prix de l'électricité avec les taxes (¢/kWh)	10,26 ¢

VÉHICULES	ESSENCE	VHR	VEÉ
MODÈLE	VOITURE À ESSENCE	Kia Optima PHEV EX 2017	TESLA MODEL S 75 2017
PDSF, transport et préparation	26 000,00 \$	44 555,00 \$	94 650,00 \$
Ajustement	- \$	- \$	- \$
Prix avant taxes	26 000,00 \$	44 555,00 \$	94 650,00 \$
TPS (5%)	1 300,00 \$	2 227,75 \$	4 732,50 \$
TVQ (9,975%)	2 593,50 \$	4 444,36 \$	9 441,34 \$
Rabais provincial	- \$	4 000,00 \$	3 000,00 \$
Total avant financement	29 893,50 \$	47 227,11 \$	105 823,84 \$
Durée du financement (mois)	60	60	60
Taux de financement	2,99%	2,99%	2,99%
Coût du financement	2 327,35 \$	3 676,86 \$	8 238,90 \$
Total avec financement	32 220,85 \$	50 903,97 \$	114 062,73 \$

Note : Calculs effectués avec l'outil suivant : AVÉQ. Comparatif des coûts de possession et utilisation de véhicules. 2017 [\[En ligne\]](#).

Tableau 21.**Utilisation d'énergie; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour le trajet long**

UTILISATION D'ÉNERGIE	ESSENCE	VHR	VEÉ
Taux d'utilisation d'essence*	100,00 %	59,59 %	0,00 %
Consommation d'essence (l/100km)	8,00	5,88	0,00
Litres d'essence consommés	80 000,00	35 042,46	0,00
Facture d'essence	100 000,00 \$	43 803,08 \$	- \$
Taux d'utilisation d'électricité*	0,00 %	40,41 %	100,00 %
Consommation d'électricité (kWh/km)	0,00	0,21	0,21
kWh consommés	0,00	8 285,14	211266,73
Facture d'électricité	- \$	8 497,64 \$	21 667,03 \$
Total énergie	100 000,00 \$	52 300,72 \$	21 667,03 \$

Note : Calculs effectués avec l'outil suivant : AVÉQ. Comparatif des coûts de possession et utilisation de véhicules. 2017 [\[En ligne\]](#).

Tableau 22.**Entretien et coût total de possession sur 10 ans; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ comme taxi pour le trajet long**

ENTRETIEN*	ESSENCE	VHR	VEÉ
Coût changement d'huile et entretien	120,00 \$	120,00 \$	
Nombre de changements d'huile	100	100	0
Total changements d'huile (taxes incluses)	13 797,00 \$	13 797,00 \$	- \$
Coût d'entretien des freins	1 000,00 \$	1 000,00 \$	1 000,00 \$
Nombre d'interventions requises	14	7	7
Total freins (taxes incluses)	16 096,50 \$	8 048,25 \$	8 048,25 \$

COÛT TOTAL DE POSSESSION SUR 10 ANS	ESSENCE	VHR	VEÉ
	VOITURE À ESSENCE	Kia Optima PHEV EX 2017	TESLA MODEL S 75 2017
	162 114,35 \$	125 943,46 \$	144 671,54 \$

*L'évaluation des coûts d'entretien est approximative, car ceux-ci varient de façon importante en fonction de l'utilisation, de l'environnement et des marques de véhicules. N'ayant trouvé aucune source de données objectives et fiables, il a été estimé qu'un véhicule à essence ou un hybride rechargeable requièrent un changement d'huile aux 10 000 km, et aux 20 000 km pour les hybrides série (Volt et i3 Rex). Il a été estimé qu'un entretien des freins est nécessaire après 70 000 km pour un véhicule à essence, ou après 140 000 km pour un véhicule hybride rechargeable ou série (en bonne partie à cause de la rouille).

Note : Calculs effectués avec l'outil suivant : AVÉQ. Comparatif des coûts de possession et utilisation de véhicules. 2017 [\[En ligne\]](#).

Sur 10 ans, le CTP est d'environ 144 700 \$, comparativement à près de 162 000 \$ pour une voiture à essence, ce qui signifie que l'acquisition d'une Tesla est au final plus économique à long terme, en tenant compte des dépenses élevées engendrées par une motorisation à essence. L'alternative VHR pour le long trajet est cependant moins chère (Tableau 22, Figure 22).

5.3.2. COMPARAISON BASÉE SUR LE SURCÔÛT

En utilisant la méthode de l'IVI⁹⁸ (qui calcule le surcoût d'achat, l'énergie et l'entretien sans égard au modèle), mais en y intégrant les mêmes prix de départ de dans le scénario de comparaison du CTP (section 5.3.1) pour faciliter la compréhension et la complémentarité des deux scénarios, on remarque qu'à partir de 154 978 km la voiture électrique atteint le point d'équivalence, soit le moment auquel le surcoût d'achat est

compensé par les économies (Tableau 23). Dans le cas d'un taxibus parcourant 60 000 km par an, cela signifie qu'en un peu plus de deux ans, le surcoût est compensé par les économies d'énergie. On constate de plus qu'au bout de 600 000 km, soit dix ans de taxi à 60 000 km annuels, ce sont plus de 33 000 \$ d'économies qui sont engrangées. Si le prix d'achat de voiture à essence comparée est d'environ 34 000 \$ (surcoût de 30 %), le point d'équivalence sera atteint à près de 46 000 km, avec près de 42 000 \$ d'économies sur dix ans.

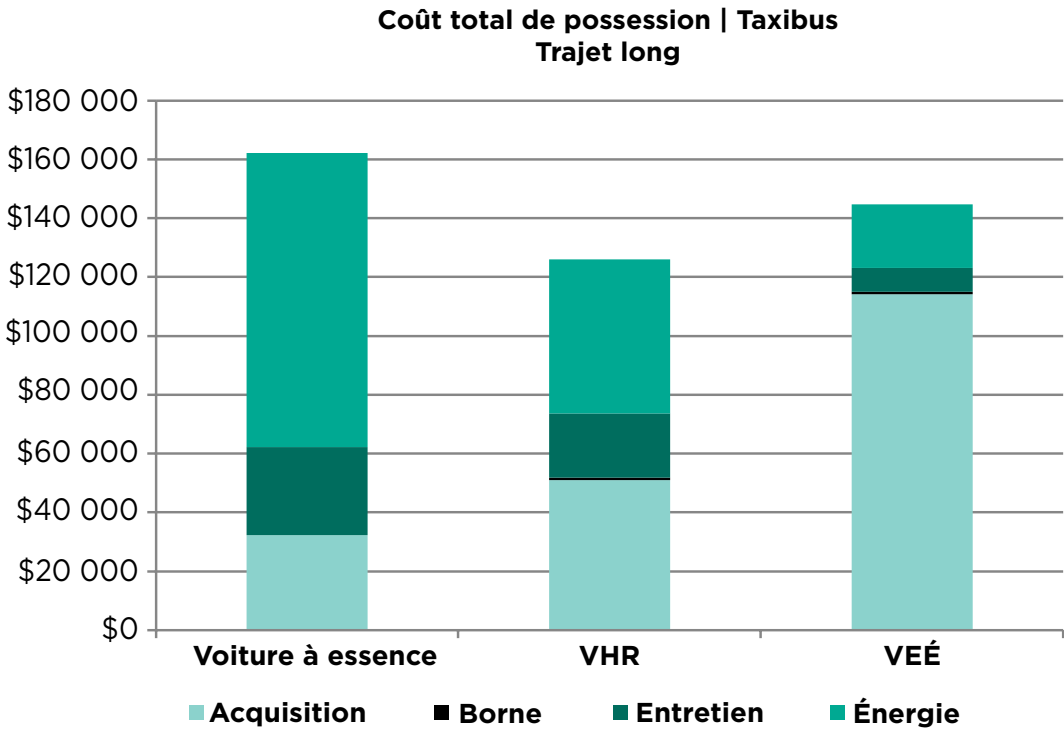


Figure 22. Comparaison des composantes du CTP sur 10 ans; scénarios comparatifs de voiture à essence, VHR et VEÉ (Tesla S) comme taxibus pour le trajet long

⁹⁸ Calculs effectués avec l'outil suivant : IVI. *Indicateurs Branchez-Vous 2017 / pour comparer les véhicules électriques et à essence : Fichier de calcul.* [En ligne]

Tableau 23.

Calcul du point d'équivalence et du surcoût d'un VEÉ comparativement à un véhicule à essence.

INDICATEURS BRANCHEZ-VOUS 2017 / pour comparer les véhicules électriques et à essence

CALCULS	100% ÉLECTRIQUE	VÉHICULE À ESSENCE	100% ÉLECTRIQUE	VÉHICULE À ESSENCE
1. SURCÔÛT NET	Scénario +30%			Scénario 26 000\$
Prix de base (PDSF)	44 475,00 \$	34 211,54 \$	44 475,00 \$	26 000,00 \$
Surcoût	10 263,46 \$		18 475,00 \$	
Rabais Roulez Électrique	8 000,00 \$		8 000,00 \$	
Rabais NET (après taxes)	6 800,00 \$		6 800,00 \$	
Surcoût NET (surcoût moins rabais NET)	3 463,46 \$		11 675,00 \$	
2. COÛT ÉNERGÉTIQUE PAR KM				
Consommation (kWh ou L) / 100 km	19,00	7,50	19,00	7,50
Consommation / 1 km	0,19	0,08	0,19	0,08
Coût de l'énergie	0,100 \$	1,100 \$	0,100 \$	1,100 \$
Coût énergétique par km	0,019 \$	0,083 \$	0,019 \$	0,083 \$
3. COÛT DE L'HUILE PAR KM				
Fréquence changement d'huile		10 000		10 000
Coût par changement d'huile	- \$	60,00 \$	- \$	60,00 \$
Coût de l'huile par km	- \$	0,0060 \$	- \$	0,0060 \$
4. COÛT DES FREINS PAR KM				
Fréquence remplacement des freins	120 000	50 000	120 000	50 000
Coût par remplacement des freins	500,00 \$	500,00 \$	500,00 \$	500,00 \$
Coût des freins par km	0,0042 \$	0,0100 \$	0,0042 \$	0,0100 \$
5. COÛT D'OPÉRATION PAR KM				
Coût d'opération par km (énergie + huile + freins)	0,0232 \$	0,0985 \$	0,0232 \$	0,0985 \$
POINT D'ÉQUIVALENCE				
ÉCONOMIE / KM = Coût d'opération du véhicule à essence MOINS le coût d'opération du véhicule électrique	0,0753 \$		0,0753 \$	
POINT D'ÉQUIVALENCE = Surcoût net DIVISÉ par l'économie par km	45 975		154 978	
ÉCONOMIES CUMULÉES À 600 000 KM				
600 000 km MOINS le point d'équivalence	554 025		445 022	
ÉCONOMIES CUMULÉES À 600 000 KM = Résultat précédent MULTIPLIÉ par l'économie par km	41 737 \$		33 525 \$	

Note: Adapté de: IVI, 2017. Le calculateur original de l'IVI, offre un scénario à 30 % de surcoût du VEÉ comparativement à une voiture à essence (colonnes résultats de gauche) et un scénario à 25%, qui est ici remplacé par le montant de 26 000 \$ (colonnes de résultats de droite) pour permettre la comparaison avec les calculs obtenus par l'outil de l'AVÉQ.

Lire l'article ici : <http://branchezvous.org/les-indicateurs-branchez-vous-une-nouvelle-facon-de-comparer-les-vehicules/>

À la lumière des éléments de réponse obtenus plus haut, les économies qui sont projetées ouvrent de nouvelles possibilités qui doivent être bien discutées avec tous les intervenants impliqués. Les économies dans les coûts d'opération permettent d'entrevoir plusieurs bénéfices, par exemple l'amélioration des conditions de travail pour les employés des organismes opérant les services de taxibus, tout comme la possibilité d'économiser des fonds publics. À l'instar des minibus, des éléments se rapportant spécifiquement aux taxibus seront discutés dans la conclusion finale et les recommandations y figurant.



Crédit photo : Joan Sullivan

5.4. FLOTTES DE TRANSPORT

Par ailleurs, la présente étude, qui peut servir de levier pour électrifier des flottes de taxis au BSL, a aussi un potentiel de reproduction pour les flottes de véhicules (municipalités, entreprises, etc.). Un projet pilote, SAUVÉR⁹⁹, permet déjà à certaines municipalités de tester et d'approprier l'électromobilité, dont deux au BSL (Rivière-

du-Loup et Témiscouata-sur-le-Lac)¹⁰⁰. Un autre projet pilote, le projet FloRe¹⁰¹, permet quant à lui de faire l'essai gratuit d'un VEÉ durant trois semaines. Des calculs de rentabilité de l'électrification d'une flotte, différents de ceux présentés ici, sont également disponibles¹⁰².

⁹⁹ YHC ENVIRONNEMENT. Système d'autopartage avec véhicule électrique en région (SAUVÉR) [En ligne : yhccenvironnement.com/projetsauver/] (Consulté le 5 octobre 2017).

¹⁰⁰ MRC DU TÉMISCOUATA. La Ville de Témiscouata-sur-le-Lac innove par l'acquisition de deux véhicules électriques. [En ligne : mrcstemiscouata.qc.ca/quoi-de-neuf-/1683-la-ville-de-temiscouata-sur-le-lac-innove-par-lacquisition-de-deux-vehicules-electriques/] (Consulté le 5 octobre 2017).

¹⁰¹ IVI. Projet Flotte rechargeable (FloRe) [En ligne : florevi.ca/] (Consulté le 5 octobre 2017).

¹⁰² Voir l'exemple élaboré par ELMEC [En ligne : elmec.ca/wp-content/uploads/2015/11/15302-Elmec-calculateur-de-rentabilite.pdf] (Consulté le 5 octobre 2017).



Crédit photo : CREBSL

Cette section porte sur les bornes de recharge des véhicules électriques, mais aussi sur l'ensemble des infrastructures impliquées. D'abord, une description des types de bornes de recharge permettra de comprendre les notions de base. Une démarche de planification des infrastructures de recharge sera ensuite avancée à l'intention des gestionnaires de bâtiments et de véhicules de transport collectif. Finalement, l'élaboration d'un réseau régional de bornes sera proposée.

6.1. TYPES DE BORNES DE RECHARGE

Lorsqu'on opte pour le véhicule électrique, l'achat de bornes est un processus qui demande une certaine préparation. Le type de bornes à choisir dépend autant de la vitesse de recharge souhaitée et du budget alloué que du type de véhicule à recharger. Les plans de transport collectif des MRC développés par Gestrans sont bien entendu incontournables dans la planification du réseau de recharge, pour la recharge des véhicules de transport collectif comme pour la recharge des véhicules individuels. Le choix du type de bornes peut se faire à l'aide du tableau 24 ci-dessous, qui détaille toutes les spécifications de chacune des bornes.

Soulignons également la disponibilité de nombreux guides d'achat de bornes de recharge. Hydro-Québec offre un guide général qui traite de la sélection et de l'installation des bornes¹⁰³. L'AVÉQ offre le même genre d'informations¹⁰⁴, en plus d'un guide spécifique aux municipalités¹⁰⁵. Mobilité électrique Canada (MEC) fournit quant

à elle une plateforme détaillant les avantages de l'électrification des transports, les coûts, ainsi que les ressources disponibles pour le choix et l'installation de bornes¹⁰⁶.

Puisque les bornes ont des caractéristiques différentes (Tableau 24), le mandataire du déploiement du réseau de bornes devrait s'assurer d'en choisir le type en fonction de leur localisation et des usages. Par exemple, les bornes aux arrêts serviront à des recharges rapides, alors que celles aux sites de stationnement des véhicules (durant la nuit par exemple) serviront à des recharges plus lentes.

Les bornes de recharge standard (240 V), aussi nommées **bornes de niveau 2**, sont disponibles en plusieurs modèles qui diffèrent entre eux notamment sur le plan de la puissance, et dont les prix varient de 750 \$ pour un modèle simple à usage domestique à 5000 \$ pour un modèle communicant¹⁰⁷ à usage intensif.

¹⁰³ HYDRO-QUÉBEC. *Bornes de recharge pour véhicules électriques : guide technique d'installation*, 2015. [En ligne]

¹⁰⁴ AVÉQ. Guide d'achat : Bornes de recharge [En ligne : aveq.ca/achat-bornes.html] (Consulté le 9 novembre 2017).

¹⁰⁵ AVÉQ. *Installation d'une borne pour une ville ou une municipalité* [En ligne : aveq.ca/municipaliteacute.html] (Consulté le 9 novembre 2017).

¹⁰⁶ Mobilité électrique Canada (MEC). Recharge 101, 2017 [En ligne : emc-mec.ca/fr/evse-101-2] (Consulté le 9 novembre 2017).

¹⁰⁷ Borne communicante ou intelligente : désigne différentes modalités de communication dont une borne peut être équipée, en fonction des besoins : partage de données, contrôle d'accès, système de paiement, assistance, etc.



6.2. PLANIFICATION DES INFRASTRUCTURES DE RECHARGE

L'autre principale catégorie de bornes, les bornes de recharge rapide (400 V+) aussi appelées bornes de niveau 3 ou **BRCC** (borne de recharge à courant continu), permettent une recharge nettement plus rapide parce qu'elles sont plus puissantes.

Les bornes de niveau 1, correspondant à la recharge lente avec le courant domestique (110 V), ne sont pas incluses dans l'étude.

La planification de l'ensemble du processus d'électrification d'un service de transport ou d'une flotte de véhicules comporte plusieurs étapes essentielles en ce qui a trait aux infrastructures de recharge. Un schéma représentant chacune de ces étapes est disponible à la fin de la présente section (Figure 23). Cette démarche¹⁰⁰ est adaptée à l'échelle d'un site (ex : garage de minibus ou station de taxis) ou d'une flotte de véhicules pour un organisme, mais peut aussi servir de base de travail dans l'élaboration d'un réseau (voir section 6.3). Voici une grille de questionnement pour accompagner la réflexion :

Tableau 24.
Caractéristiques des bornes de recharge 240 V et 400 V+

	BORNES DE NIVEAU 2	BRCC
Temps de recharge ¹⁰⁸	• 4 heures	• 20 à 45 minutes
Coût ¹⁰⁹	• 800 à 5000 \$	• 30 000 à 45 000 \$
Types de véhicules pouvant l'utiliser	• Minibus et taxibus • VEÉ, VHR, VÉAP	• Minibus et taxibus • Presque tous les VEÉ, et certains VÉAP • Module supplémentaire requis (minibus)
Utilisation habituelle	• Recharge nocturne minibus ou taxibus • Usage local pour les citoyens • Arrêt de plus longue durée • Complément à recharge BRCC	• Arrêts courts lors de grands déplacements • Recharge puissante minibus aux arrêts ou entre les trajets de taxibus
Avantages	• Coûts d'acquisition et d'installation abordables • Possibilité d'implanter rapidement sur le territoire	• Recharge très rapide • Relie les axes principaux • Rend les trajets de minibus possibles
Inconvénients	• Temps de recharge plus long	• Coûts d'acquisition et d'installation élevés (opportunité partenariats et collaboration) • Implantation plus lente
Quelques fournisseurs	• Circuit électrique • Astria technologies • Flo • Elmec	• Circuit électrique • Astria technologies • Elmec

Adapté de : Bossé, S., 2017

¹⁰⁸ Temps indiqués pour un VEÉ à autonomie moyenne (ex : Nissan LEAF). Le temps de recharge est variable en fonction du type de véhicule et de la taille de la batterie.

¹⁰⁹ Ces montants n'incluent pas les taxes, la livraison ni l'installation. Les subventions applicables, qui peuvent couvrir jusqu'à 50% du coût total dans le cas des BRCC, ne sont pas déduites de ces montants.

¹⁰⁰ La présente démarche a été élaborée sur la base de l'expérience vécue par l'entreprise Transport Pascal Ouellet durant l'électrification de son garage de transport scolaire, puis adaptée au contexte du transport collectif.

1. Combien de véhicules?

Les MRC ou gestionnaires de flottes de transport (collectif ou autre) pourraient se doter d'un **plan d'électrification**, en débutant par une réflexion sur les besoins immédiats, mais aussi sur les besoins d'électrification potentiels à moyen terme. Cette analyse des besoins ultérieurs en nombre de bornes doit commencer par une projection de l'électrification de la flotte (ex : nombre de véhicules remplacés par an, routes les plus avantageuses en termes de réduction de l'utilisation de carburant).

2. Quel usage est ciblé par les bornes?

Il importe de définir clairement à qui s'adresse l'infrastructure de recharge. Des partenariats commerciaux ou institutionnels peuvent être intéressants à envisager si l'on souhaite élargir l'accès au public, par exemple.

- Usage exclusif : les bornes feront partie d'une infrastructure privée de transport collectif (p. ex. un garage de minibus ou de taxis);
- Usage public : compléter le réseau existant (voir section 6.3) pour l'usage public (incluant les véhicules de transport collectif au besoin);
- Usage partagé : les besoins du transport collectif dictent l'emplacement des bornes et s'y réservent un usage prioritaire selon un horaire préétabli, en dehors duquel elles sont disponibles au public.

3. Quel type de borne choisir?

Le tableau 25 permet d'examiner les types de bornes et les caractéristiques qui en découlent. Il est donc pertinent, avant d'en faire l'achat, de sélectionner le bon type de borne pour l'usage correspondant.

4. Combien de bornes?

Le nombre de bornes à installer pourra dépendre du nombre de véhicules prévu dans le plan d'électrification, mais aussi de l'estimation du nombre de bornes à installer dans les prochaines années. C'est pourquoi une réflexion approfondie sur les besoins à moyen et à long terme est importante. Afin d'optimiser l'utilisation des subventions, il est possible de combiner les enveloppes pour acheter plusieurs bornes¹¹¹.

5. L'installation électrique locale existante est-elle suffisante?

La validation de la capacité du panneau électrique existant par un électricien professionnel est recommandée. Si une mise à jour de l'installation électrique doit être faite, il est suggéré de la faire lors de l'installation initiale afin de réduire les coûts d'installation de bornes additionnelles.

6. Le raccordement au réseau est-il suffisant?

Hydro-Québec peut également renseigner le gestionnaire sur le courant nécessaire pour réaliser le plan d'électrification. Si le réseau électrique en place n'est pas suffisant, les travaux de raccordement, les coûts impliqués et l'échéancier des travaux peuvent également être établis par Hydro-Québec.

7. Comment configurer l'accès aux bornes à chaque site?

L'installation physique doit être conçue de manière à optimiser l'utilisation des bornes. En ce sens, plusieurs éléments sont à considérer, dont le nombre de bornes prévu, car un aménagement spécial pourrait être requis dans le cas où plusieurs bornes seraient installées. On doit se préoccuper de l'accès à la borne en toute saison et de son entretien (ex : opérations de déneigement), de même que de la prévention contre le bris et le vol. Dans le cas d'une cour regroupant une flotte de plusieurs minibus, la configuration du stationnement pourrait être revue pour un positionnement alternatif des véhicules, par exemple en étoile, au centre duquel se trouvent les bornes rassemblées à l'intérieur d'un abri.

D'autres questions pertinentes ne sont pas représentées dans le schéma, mais méritent une attention particulière :

- Comment financer le projet?
Des solutions sous forme de prêts, de subventions ou autres sont référées et mises à jour dans le document complémentaire à cette étude portant sur le financement¹¹².
- Quels seront les besoins de formation des utilisateurs de bornes?

¹¹¹ Voir le document complémentaire portant sur le financement, disponible sur la page dédiée au projet du site crebsl.com/mobilite/electrification.

¹¹² Les documents complémentaires sont disponibles sur la page dédiée au projet du site crebsl.com/mobilite/electrification.

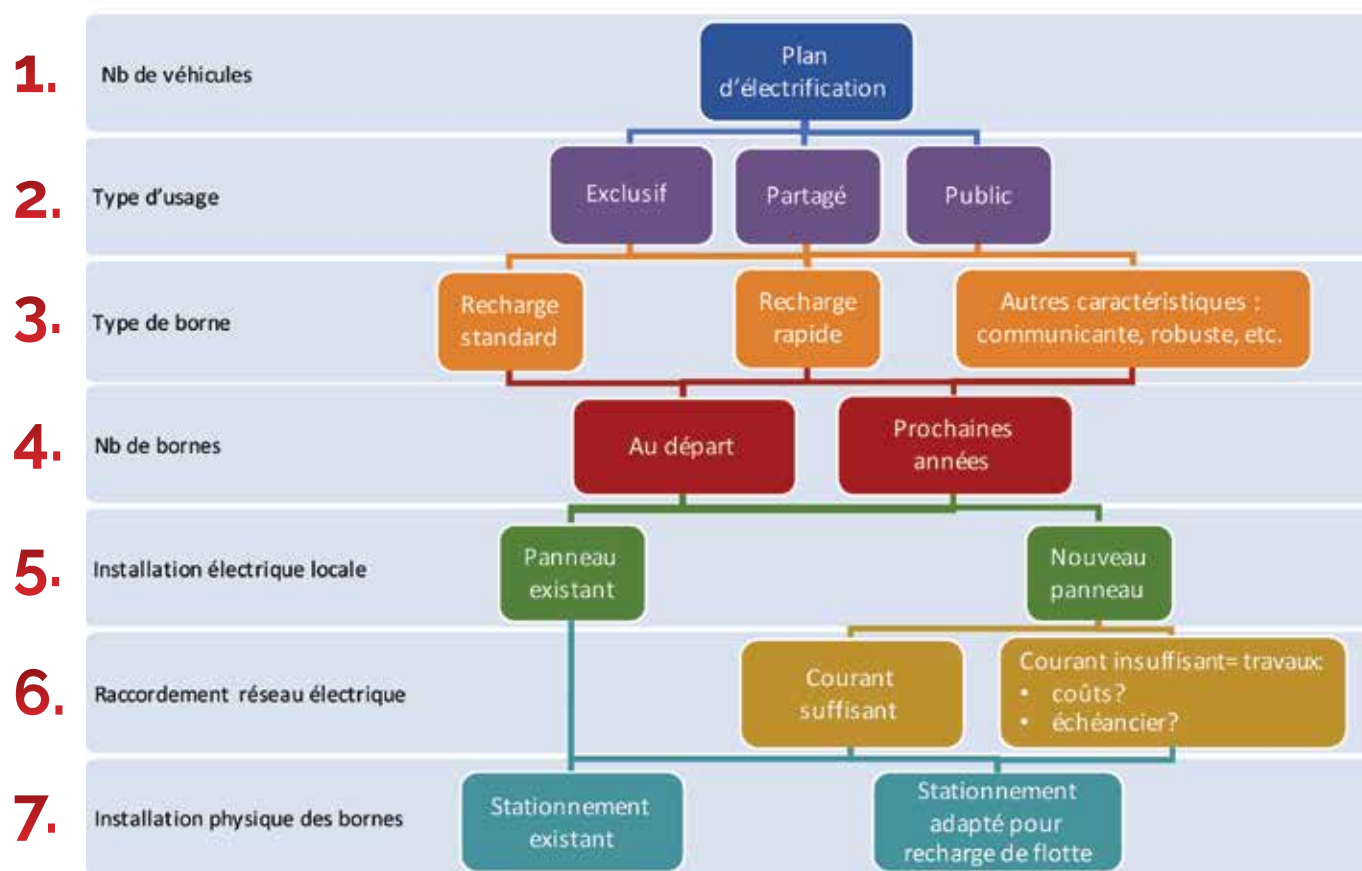


Figure 23. Schéma décisionnel résumant les questions pouvant orienter la planification des infrastructures de recharge pour les transports collectifs ou autre flotte de véhicules.

Tableau 25.
Description des types de bornes adaptés aux usages du réseau de recharge

USAGE	CARACTÉRISTIQUES DES BORNES	FOURNISSEURS
Public	BRCC en complémentarité avec niveau 2	Circuit électrique
	Communicante	AddÉnergie
	Robuste pour usage intensif	Astria technologies
Exclusif	Niveau 2	Flo
	Non communicante	Elmec
	Recharge en cascade ¹¹³	Azra
Partagé	BRCC ou niveau 2 (selon besoins)	Sun Country Highway
	Communicante	etc.
	Robuste pour usage intensif	

Il est certain que les mécaniciens et les conducteurs des véhicules électriques devront se familiariser avec la gestion et les procédures de recharge. Le nombre de personnes à former et le coût de la formation sont des éléments à inclure dans le plan. Le cégep de Rivière-du-Loup peut offrir ces formations¹¹⁴.

- Quel type de service après-vente est offert par le fournisseur?

Il est avisé de s'informer sur les services d'accompagnement, le soutien technique et les coûts reliés à ces services afin d'éviter les surprises et de monter un budget réaliste.

¹¹³ Borne de recharge en cascade : désigne une installation électrique configurée de manière à répartir la puissance disponible entre plusieurs véhicules en même temps, afin d'éviter les pointes de consommation et ainsi réduire la facture d'électricité.

¹¹⁴ Les documents complémentaires sont disponibles sur la page dédiée au projet du site crebsl.com/mobilite/electrification.

6.3. ÉLABORATION D'UN RÉSEAU DE BORNES DE RECHARGE PUBLIQUES

Afin de permettre l'essor de l'électromobilité individuelle tout en rendant possible l'électrification des transports collectifs régionaux, le déploiement d'un réseau de bornes est impératif. La sélection des sites d'installation des bornes publiques ou partagées à l'échelle régionale, des MRC ou municipale est primordiale afin de s'assurer d'une utilisation optimale. Voici donc une proposition de cheminement logique à l'intention d'un gestionnaire territorial (ex : MRC) qui souhaite sélectionner les sites d'installation de bornes :

1. État actuel des infrastructures de recharge

La planification du développement du réseau de bornes se base sur son état actuel afin d'en cibler les lacunes et les besoins. Les cartes de localisation des applications comme Charge Hub (une application québécoise qui intègre les bornes de tous les réseaux) sont un bon point de départ (Figures 24, 25, et 26). De plus, il est important de contacter Circuit électrique pour connaître les plans de développement du réseau.

2. Analyse de la localisation précise des bornes

Pour chaque site identifié comme nécessitant une borne, une analyse attentive et concertée avec les intervenants du milieu permettra de bien cibler l'emplacement exact de la borne. À ce titre, la méthode élaborée par la MRC du Témiscouata¹¹⁵ durant les travaux ayant mené au premier réseau public de bornes au BSL est instructive et pertinente. La question de la localisation des bornes a mené les responsables du projet à développer une grille d'analyse en fonction de cinq critères.

Cette grille d'analyse de la MRC du Témiscouata a servi de base de travail pour appuyer l'élaboration d'une grille dans la présente étude (Tableau 26). Le critère 1 s'adresse particulièrement aux bornes à usage partagé, mais pourrait aussi être pertinent dans le choix des sites de bornes publiques puisque les véhicules de transport collectif pourraient en faire usage au besoin. Avant toutefois d'être soumis à la grille d'analyse, il est important de s'assurer que chaque site remplit les conditions suivantes :



Figure 24. Carte des bornes de recharge de niveau 2 et BRCC au Bas-Saint-Laurent. Source : Charge Hub, 2017

¹¹⁵ BOSSÉ, S. Projet d'installation de bornes de recharge pour véhicules électriques au Témiscouata, MRC de Témiscouata, 2017

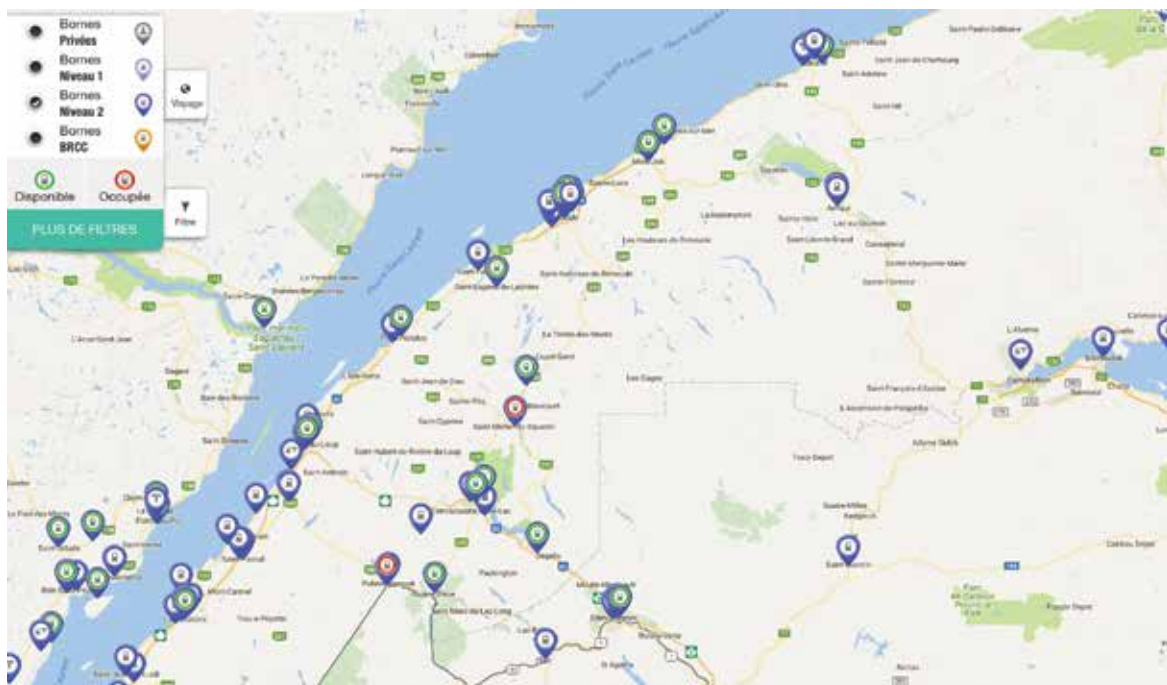


Figure 25. Carte des bornes de recharge de niveau 2 au Bas-Saint-Laurent. Source : Charge Hub, 2017.

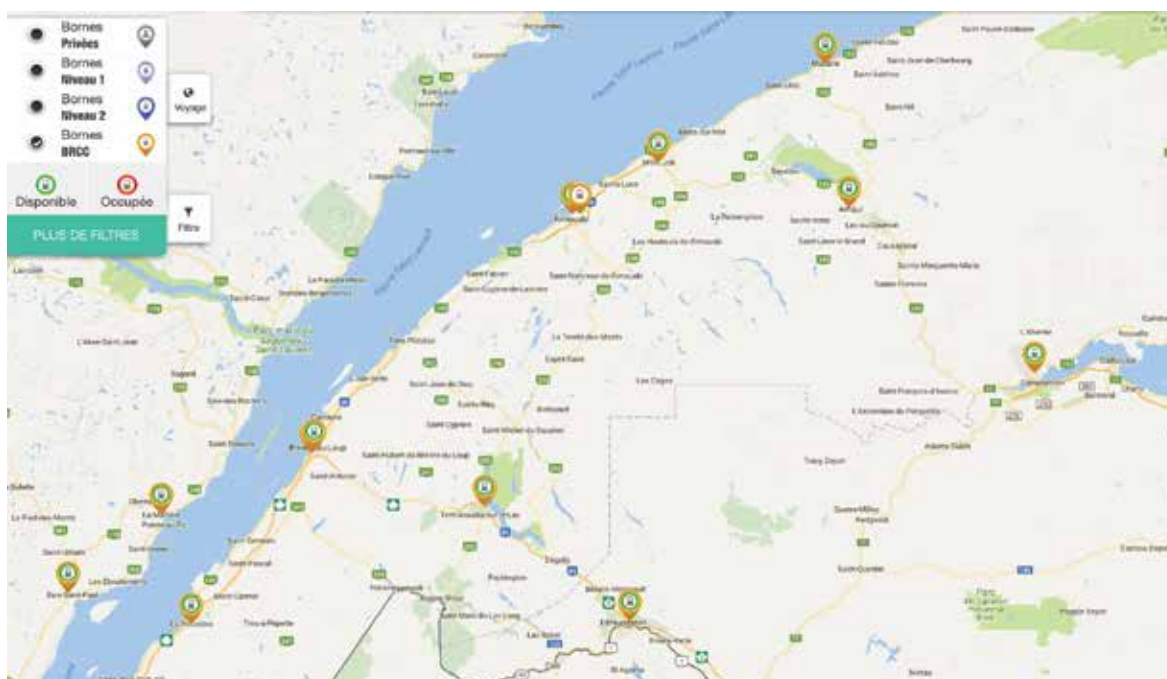


Figure 26. Carte des bornes de recharge rapide (BRCC) au Bas-Saint-Laurent. Source : Charge Hub, 2017

- o Accessible toute l'année
- o Fréquenté toute l'année
- o Offrant la possibilité d'installer d'autres bornes (opportunités futures)
- o Espace suffisant pour les gros véhicules (minibus, autobus scolaires, etc.)
- o Espace de stationnement situé à l'écart des autres (pour éviter qu'un véhicule n'utilisant pas la borne ne s'y stationne par inadvertance)

Il est intéressant de noter que l'installation de plusieurs bornes de niveau 2 en un même endroit peut augmenter la flexibilité du réseau. En effet, certains autobus (ex : scolaires eLion) peuvent recevoir deux pistolets à la fois, doublant ainsi la vitesse de recharge. Deux bornes sur le même emplacement peuvent donc recharger deux voitures ou un autobus à recharge double.

Tableau 26.

Modèle de grille d'analyse de l'emplacement potentiel pour l'installation des bornes de recharge standard (240 V) d'un réseau public ou partagé

CRITÈRE	INDICATEURS	POINTS	TOTAL /CRITÈRE
1. Proximité des circuits de transport en commun	• Proximité des circuits de rabattement	20	/35
	• Proximité des arrêts du circuit régional de minibus	15	
2. Proximité des axes routiers	• Proximité des axes routiers principaux (autoroute, route provinciale ou route secondaire)	20	/30
	• Carrefour menant vers différentes portions du territoire	10	
3. Lieux d'intérêt et activités	• Services de restauration et commerces à proximité	9	/25
	• Activités ou lieux d'intérêt à proximité	8	
	• Point d'intérêt régional	8	
4. Nombre d'automobilistes	• Niveau de DJMA* enregistré	5	/10
	• Comparaison avec les régions adjacentes	5	
Total		100	/100

* DJMA : Débit journalier moyen annuel de véhicules empruntant une route donnée. Les données proviennent du MTMDT.

Adapté de : Bossé, S., 2017

6.3.1. PROPOSITION DE DÉPLOIEMENT DU RÉSEAU AU BSL

Pour les besoins de transport collectif par minibus et taxibus, ainsi que pour soutenir l'électrification du transport individuel, il est recommandé de combler en priorité les lacunes à l'égard des BRCC.

6.3.1.1. BRCC

Pour qu'un réseau de recharge soit efficace, une borne BRCC (ou borne rapide) devrait être disponible à tous les 80 ou 100 km. Il s'agit de la base du réseau et ce, indépendamment du réseau de minibus, tel qu'illustré dans la figure 27. D'emblée, les carences en BRCC sont identifiées à plusieurs endroits du BSL. À cause de sa localisation mitoyenne entre les centres urbains, Trois-Pistoles est identifiée comme une priorité pour l'installation d'une BRCC. Les villes de Lac-des-Aigles et de Pohénégamook sont situées sur des trajets moins fréquentés, mais il est probable que leur utilisation par des VEÉ se trouverait accrue par l'installation d'une borne rapide. De plus, une borne rapide à Pohénégamook permettrait de sécuriser le trajet de rabattement de taxibus le plus long, soit celui de 121 km entre Saint-Marc-du-Lac-Long et Rivière-du-Loup, ainsi que ceux vers Cabano et Esprit-Saint.

La plupart des bornes rapides installées à ce jour ont une vitesse de recharge de 50 kW. Or, des bornes qui offrent le double de la vitesse de recharge, soit 100 kW, existent sur le marché mondial même si le Québec n'en compte aucune actuellement. Les superchargeurs de Tesla, eux, procurent une recharge à 120 kW. Tel que mentionné dans la section sur les minibus électriques, la faisabilité de certains trajets dépend de telles bornes. C'est pourquoi dans l'axe La Pocatière - Rimouski, une BRCC de 100 kW est proposée dans les principales villes pour ravitailler les minibus aux arrêts. Cela signifie que certaines zones urbanisées comme Rimouski et Rivière-du-Loup seraient dotées d'une deuxième borne encore plus rapide que celles en place. À ce sujet, il est intéressant de noter que le Circuit électrique (Hydro-Québec) serait intéressé à utiliser le projet bas-laurentien d'électrification des minibus pour faire un projet pilote de déploiement des bornes à 100 kW, et à y participer financièrement¹¹⁶.

¹¹⁶ CLOUTIER, R., Chef Relations d'affaires, Circuit électrique. Communication personnelle, 7 novembre 2017.

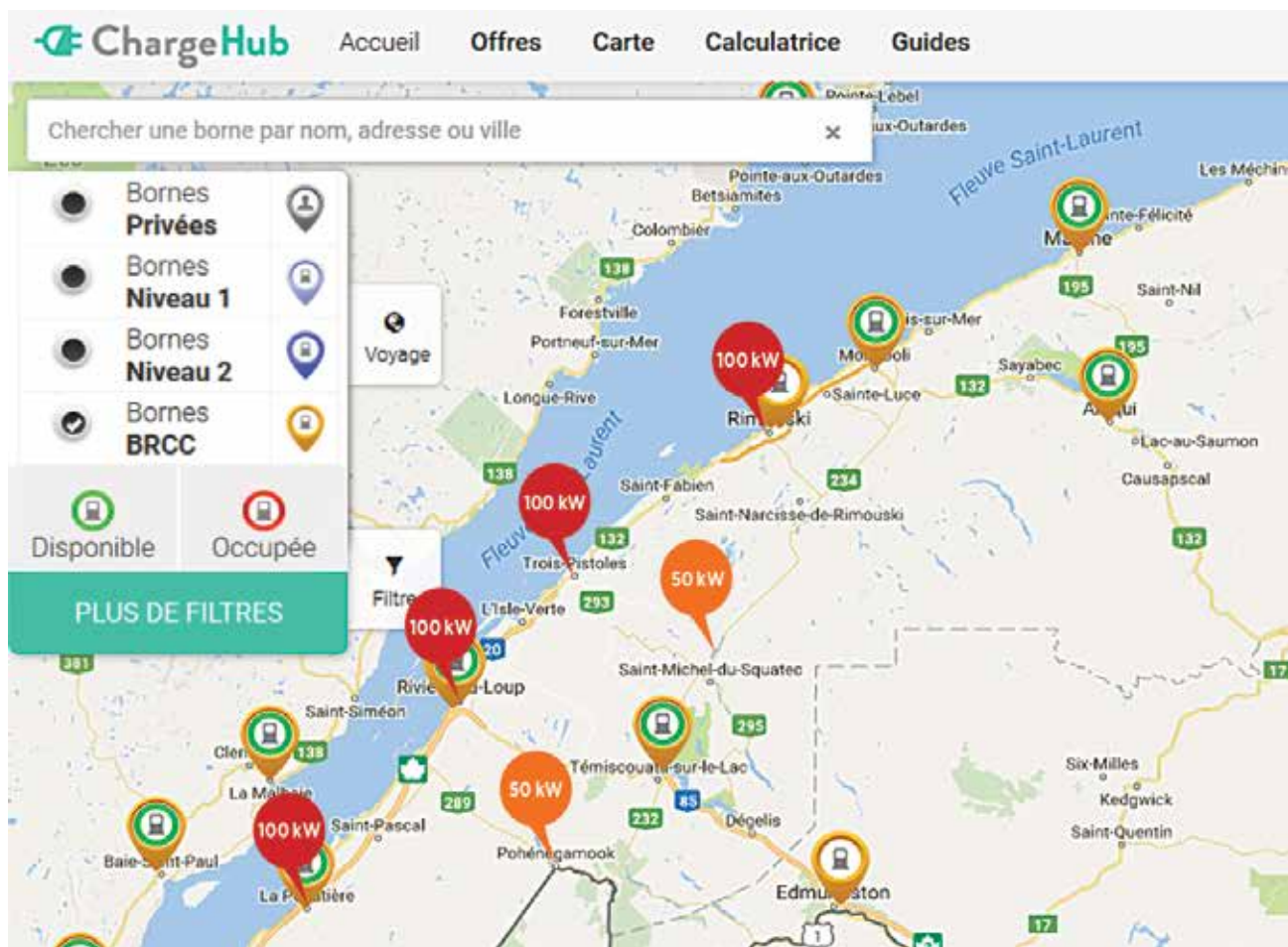


Figure 27. Carte des carences en bornes de recharge rapide (400 V+), identifiées par le CREBSL (bulles «50 kW» et «100 kW»).
Adaptée de : Charge Hub

6.3.1.1. Bornes de niveau 2

Le réseau de bornes de recharge de niveau 2 peut également être amené à se développer davantage. Par exemple, un projet d'installation de bornes supplémentaires dans chaque MRC pourrait être piloté par un organisme régional et ainsi prévoir l'évolution du réseau. Une démarche s'inspirant de la formule suivante pourrait être mise en œuvre :

Une borne double par municipalité pourrait être envisagée, ou davantage dans le cas des municipalités plus peuplées (ex. : une borne par tranche de 3000 habitants). Les données de localisation des bornes déjà existantes (Figure 25) pourraient servir de base à la sélection des sites, et la grille d'analyse des emplacements (Tableau 26) pourrait être reprise et adaptée à nouveau, selon les besoins. La portée régionale du projet demanderait une concertation des acteurs pour la sélection des emplacements.



Crédit photo : Joan Sullivan

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

À la lumière des résultats de cette analyse, le CREBSL affirme sans hésiter que l'électrification des transports collectifs proposée dans le plan de transport est non seulement possible, mais souhaitable à plusieurs égards. Il s'agit bel et bien d'une opportunité qui devrait s'avérer novatrice et structurante pour la région, et générer des bénéfices sociaux, environnementaux et économiques.

LE CREBSL RECOMMANDE DE DÉPLOYER DÈS 2018 LE RÉSEAU DE BORNES.

Indépendamment de la décision qui sera prise quant à la mise en œuvre des plans de transport collectif, et indépendamment du choix de les électrifier ou non, le réseau de bornes servira en appui à l'électrification des transports (individus, flottes d'entreprises, etc.) en région. Cette étape pourrait et devrait être enclenchée dès l'hiver 2018 (Figure 28).

Nous suggérons de saisir l'opportunité d'intégrer au réseau les recharges requises pour le transport collectif, ce qui requiert de la part des instances régionales une décision visionnaire.

Les leviers de financement régionaux que sont le Fonds d'appui au rayonnement des régions (FARR)¹¹⁷ et le Fonds éolien¹¹⁸ pourraient être utilisés en complément à d'autres sources de financement disponibles¹¹⁹, et ainsi rendre possible une analyse détaillée de planification des sites et l'achat des bornes.

Le déploiement du réseau de bornes peut être enclenché rapidement, pendant que les MRC analysent les plans de transport et cette étude sur leur électrification.

LE CREBSL RECOMMANDE D'OPTER POUR DES MINIBUS ÉLECTRIQUES LORS DE LA MISE EN PLACE DES CIRCUITS RÉGIONAUX DE TRANSPORT COLLECTIF INTER-MRC.

Une fois la décision prise, il sera indispensable de faire une analyse plus approfondie et individuelle de chacun des trajets de minibus durant la phase préparatoire pour optimiser les décisions techniques (taille des batteries, stratégie de recharge et horaire des trajets). Cette étape permettra d'optimiser tous les choix inhérents à cette décision, et pourrait être entreprise au printemps 2018 (Figure 28).

Le CREBSL est confiant que l'achat des minibus puisse être subventionné par des programmes fédéraux ou provinciaux. Le CREBSL profitera de la consultation de TEQ pour notamment réclamer que les régions aient accès à des fonds pour appuyer la mobilité durable. Cependant, il encourage les élus régionaux à faire des représentations aux instances concernées afin de maximiser l'accès au financement disponible et adapté aux besoins du projet bas-laurentien.

¹¹⁷ MAMOT. Programmes : Fonds d'appui au rayonnement des régions (FARR). [En ligne : mamot.gouv.qc.ca/developpement-territorial/programmes/fonds-dappui-au-rayonnement-des-regions-farr] (Consulté le 16 novembre 2017).

¹¹⁸ Fonds dédié au développement régional alimenté par les redevances du parc éolien communautaire Nicolas-Riou.

¹¹⁹ Voir le document complémentaire portant sur le financement, disponible sur la page dédiée au projet du site crebsl.com/mobilite/electrification.

LE CREBSL RECOMMANDE D'AMORCER EN 2018 L'ÉLECTRIFICATION PROGRESSIVE DE LA FLOTTE DE TAXIS REQUISE POUR LE SERVICE DE RABATTEMENT VERS LES MINIBUS ÉLECTRIQUES.

Bien que l'idéal serait que toutes les routes de rabattement soient électrifiées dès leur mise en service, il est probable que la transition se fasse progressivement. Ainsi, on peut voir l'électrification des trajets de rabattement comme une opportunité d'accompagner les opérateurs et propriétaires de taxis dans la transition énergétique. D'après le CRE, un l'idéal serait d'atteindre un niveau d'électrification situé entre le tiers et la moitié des routes de rabattement d'ici la fin de 2020, soit l'année d'échéance du PACC.

Pour ceux-ci, le frein principal est le coût d'achat initial des VEÉ, et ce probablement en dépit de la démonstration économique convaincante que contient la présente étude. Toutefois, puisque cette dernière démontre qu'il est clairement avantageux d'un point de vue économique à moyen terme d'opter pour un VEÉ, les décideurs régionaux pourraient envisager d'offrir une aide à l'acquisition (ex : prêt temporaire durant l'amortissement du surcoût initial, subvention à l'achat). Encore une fois, le CREBSL est confiant que de nouveaux programmes provinciaux seront disponibles pour appuyer l'achat de VEÉ pour les taxis, auxquels d'autres fonds (fédéraux, régionaux) pourront se combiner. Le CREBSL réitère également l'importance des représentations à faire en ce sens.

Cette étape d'électrification des taxis régionaux pourrait se mettre en branle à l'été ou à l'automne 2018, et paver la voie à une électrification

LE CREBSL RECOMMANDE AUX DÉCIDEURS DE PRÉVOIR DES BUDGETS CONSÉQUENTS POUR PALLIER AUX IMPRÉVUS ET RÉPONDRE AUX BESOINS LIÉS À L'ÉLECTRIFICATION DES TRANSPORTS.

complète de la flotte de taxis.

Compte tenu que l'électrification des transports pourrait s'avérer moins coûteuse qu'estimé avec des véhicules à essences, le CREBSL croit que les décideurs régionaux devraient, par prudence, prévoir des budgets conséquents pour pouvoir pallier aux imprévus et répondre aux besoins liés à l'électrification des transports collectifs, notamment pour :

- l'aide à l'achat des véhicules;
- l'appui à l'installation des infrastructures d'électrification;
- l'assistance en cas de défaillance;
- la promotion et sensibilisation à l'utilisation des transports collectifs.

En effet, les comparaisons économiques réalisées pour les services de minibus et de taxibus laissent entrevoir un potentiel de réduction des coûts, en particulier sur les coûts de fonctionnement, avec l'utilisation de véhicules électriques comparativement aux véhicules à essence. Cependant, puisqu'il s'agit d'une transition technologique importante, il pourrait être sage d'amorcer une première phase de la transition énergétique dans le cadre tarifaire actuel, afin de permettre aux transporteurs d'avoir toute la marge de manœuvre possible pour négocier le virage. Cette période pourrait être vue comme une opportunité à saisir afin de consolider la santé financière des organismes de transport privés ou publics de la région et d'en créer d'autres. Par la suite, en faisant un suivi rapproché des économies faites en cours de développement, une stratégie concertée avec l'ensemble des intervenants pourrait être co-construite sur la meilleure façon d'allouer ces budgets.

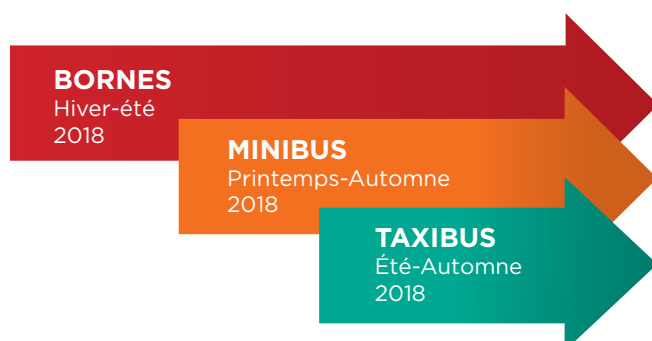


Figure 28. Séquence de mise en œuvre des recommandations du CREBSL sur l'électrification des transports au Bas-Saint-Laurent

