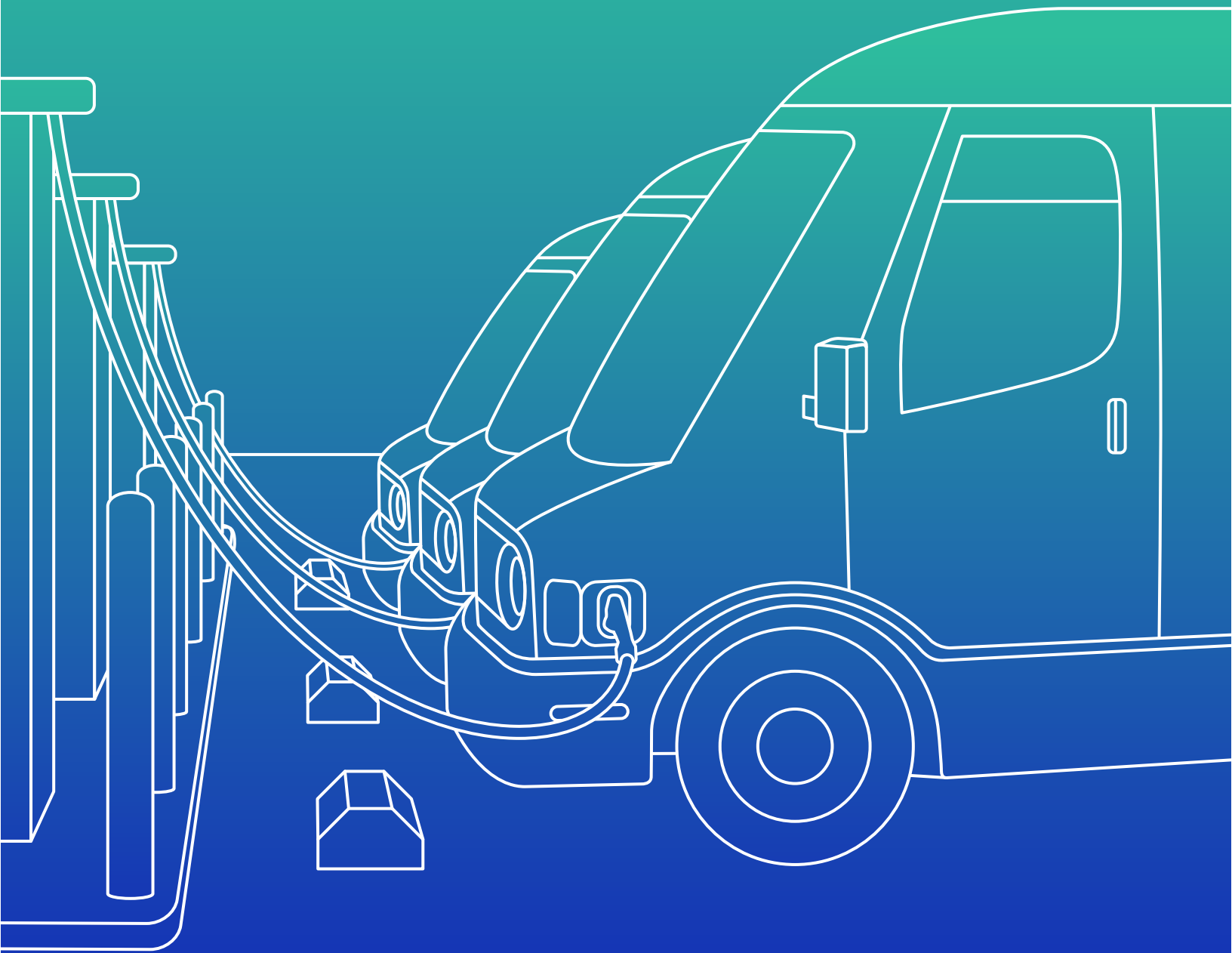




Stratégies de planification,
d'implantation et d'exploitation

Guide de recharge pour parcs de véhicules électriques

1^{re} édition, juin 2022



Avant-propos

Hydro-Québec a mandaté l'Institut du véhicule innovant pour la réalisation du présent guide, qui vise à aider les gestionnaires de parc de véhicules à mettre en place un projet d'électrification au sein de leur entreprise.

Véritable accélérateur d'innovation, l'Institut du véhicule innovant cumule 20 ans d'expérience dans le développement de prototypes de véhicules électriques, autonomes et connectés, ce qui en fait la référence en électrification des transports au Québec. L'Institut joue également un rôle d'expert technique pour faciliter la transition énergétique des entreprises et des municipalités. Que ce soit par un accompagnement technique (adoption de véhicules électriques, implantation d'infrastructures de recharge, analyse de données véhiculaires, projets pilotes), par des webinaires, par des ateliers ou par des guides d'information, l'équipe de l'Institut soutient les entreprises dans la mise en application de leurs technologies en conditions réelles, pour s'assurer qu'elles sont opérationnelles et adaptées à leurs besoins.

Un comité composé de gestionnaires de parc de véhicules a été mis sur pied en vue de bien définir les enjeux à prendre en compte dans le processus d'implantation d'une infrastructure de recharge. Nous tenons à remercier les collaborateurs suivants pour leur implication :

- Simon Therrien, de Bell Canada ;
- Étienne Allard, d'Hydro-Québec ;
- Serge Hudon, de Kemira Water Solutions Canada ;
- Christian Couture et Khelil Khelil, de Purolator.

Ce guide s'adresse aux gestionnaires de parc de véhicules, aux décideurs et décideuses, aux conseillers et conseillères, aux responsables de projet et aux consultants et consultantes qui doivent élaborer la stratégie de recharge d'un projet d'électrification.

Il convient de disposer de certaines connaissances de base sur le fonctionnement des véhicules électriques et leur recharge pour comprendre la pleine mesure du présent document. La lecture préalable du **Guide pour l'électrification d'une flotte de véhicules**, de l'Institut du véhicule innovant, et de ses annexes est conseillée.

Table des matières

Abréviations	6
Introduction	7
Objectif du guide	8
1 Notions de base	9
2 Définition des paramètres d'exploitation	10
3 Estimation des besoins énergétiques	12
3.1 Consommations types des véhicules électriques commerciaux	12
3.2 Marges de manœuvre pour tenir compte des fluctuations saisonnières	14
3.3 Calcul des besoins énergétiques quotidiens	15
3.4 Influence des besoins énergétiques quotidiens sur le choix du véhicule	16
4 Estimation des besoins en puissance	19
5 Sélection des bornes	23
5.1 Types de recharge	23
5.2 Temps de recharge	27
5.2.1 Limites imposées par le véhicule	27
5.2.2 Limites imposées par l'état de charge	28
5.2.3 Limites imposées par la température (recharge rapide seulement)	29
5.3 Caractéristiques des bornes	30
5.4 Prix des bornes et subventions	31
5.4.1 Bornes de niveau 2	31
5.4.2 Bornes de recharge à courant continu (BRCC)	32
5.5 Maintenance et durée de vie	35
5.5.1 Bornes de niveau 2	35
5.5.2 Bornes de recharge à courant continu (BRCC)	35
5.6 Choix du distributeur	35

6	Taille du parc de bornes	36
6.1	Nombre de bornes de niveau 2	36
6.2	Nombre de BRCC	36
6.3	Réseaux publics en appoint	37
6.4	Utilisation du parc de bornes par le personnel électromobiliste	37
7	Coûts de la recharge	39
7.1	Fonctionnement de la facturation commerciale	39
7.2	Attribution des tarifs	40
7.3	Variations entre les tarifs	40
7.4	Tarif propre aux parcs de bornes	42
8	Facturation de la recharge	43
8.1	Facturation de la recharge à des clients ou des clientes, ou à des personnes en visite	43
8.2	Facturation à l'interne	44
	8.2.1 Collecte de données sur la recharge	44
	8.2.2 Établissement du prix à facturer	45
8.3	Remboursement de la recharge à domicile	45
8.4	Obtention des données sur la recharge	45
9	Aménagement du stationnement	46
9.1	Emplacement des bornes par rapport au bâtiment	46
9.2	Déneigement	46
9.3	Accès aux personnes à mobilité réduite	46
9.4	Installation intérieure ou extérieure	47
9.5	Emplacement des bornes par rapport aux cases de stationnement	47
9.6	Considérations relatives au véhicule	48
9.7	Besoins de communication des bornes	49
10	Anticipation des besoins futurs	50
10.1	Puissance croissante des bornes	50
10.2	Stratégie relative à la croissance du nombre de bornes	51
	10.2.1 Dès la première phase du déploiement	51
	10.2.2 Au fur et à mesure	51
10.3	Bornes pour le personnel électromobiliste	53

11	Engagement et participation du personnel	54
12	Optimisation de la stratégie d'électrification	55
13	Processus d'implantation	57
13.1	Emploi d'un entrepreneur-électricien ou d'une entrepreneuse-électricienne	57
13.2	Nouveau branchement électrique ou branchement existant	57
13.3	Déroulement et responsabilités	57
13.4	Délais de réalisation	59
14	Gestion de la puissance	60
14.1	Solutions manuelles et économiques (une ou deux bornes)	61
14.1.1	Évitement de la pointe de puissance appelée du bâtiment	61
14.1.2	Recharge en cascade	61
14.2	Solutions techniques simples (de trois à cinq bornes)	62
14.2.1	Réduction de la puissance de recharge offerte par la borne de recharge	62
14.2.2	Partage de disjoncteur	62
14.2.3	Contrôleur de charge	62
14.2.4	Commutateur intelligent ou disjoncteur intelligent	62
14.3	Solutions techniques avancées (plus de cinq bornes)	63
14.3.1	Partage de puissance pour un parc de bornes	63
14.3.2	Intégration sur mesure avec un système de gestion énergétique de bâtiment (SGEB)	63
14.3.3	Intégration sur mesure, recharge intelligente	63
15	Conclusion	65
16	Références	66

Liste des tableaux

Tableau 1	- Types de recharge	24
Tableau 2	- Comparaison des coûts d'exploitation d'un petit parc à trois tarifs différents	41
Tableau 3	- Implantation de bornes de recharge – Responsabilités des parties	58

Liste des figures

Figure 1	- Exemples de parcs de véhicules	8
Figure 2	- Consommation approximative de différents types de véhicules électriques commerciaux	12
Figure 3	- Variations saisonnières de l'autonomie	15
Figure 4	- Effet de la recharge en cours de journée	20
Figure 5	- Comparaison de l'énergie ajoutée par des pauses à deux types de bornes différents	22
Figure 6	- Schéma de sélection du niveau de recharge	25
Figure 7	- Puissance de recharge maximale d'un véhicule selon la puissance de la borne	27
Figure 8	- Variation type de la puissance lors de la recharge à une borne de 50 kW d'une Bolt 2017 de Chevrolet	29
Figure 9	- Exemple d'aménagement de bornes mixtes	48
Figure 10	- Position du port de recharge sur certains véhicules légers	48
Figure 11	- Exemple d'aménagement permettant le stationnement en marche avant ou arrière	49
Figure 12	- Exemple de parc de bornes pour les taxis	52
Figure 13	- Dette de recharge comblée la fin de semaine	56
Figure 14	- Exemple de profils de consommation avec et sans gestion de la puissance	60
Figure 15	- Recharge en cascade	61

Abréviations

A	ampère	L	litre
BRCC	borne de recharge à courant continu	V	volt
CA	courant alternatif	VCA	volt en courant alternatif
CC	courant continu	VCC	volt en courant continu
kW	kilowatt	W	watt
kWh	kilowattheure	Wh	wattheure

Introduction

L'électrification des véhicules légers est déjà bien amorcée au Québec¹. En 2020, les véhicules zéro émission représentaient 6,8 % de tous les véhicules automobiles neufs immatriculés au Québec¹. Qu'elles soient motivées par l'atteinte de cibles de réduction d'émissions, l'économie de coûts, l'image verte, le confort ou la simplicité d'utilisation, de plus en plus d'organisations et d'entreprises ont entamé leur migration vers les véhicules électriques. Dans le contexte de la lutte contre les changements climatiques, il est particulièrement important d'électrifier les véhicules commerciaux, car ils parcourent, pour la plupart, des distances plus grandes et émettent plus d'émissions de gaz à effet de serre (GES) que les voitures de particuliers.

Le contexte d'utilisation au sein d'un parc commercial est très différent de celui de l'usage personnel. Les routes et les

horaires sont plus prévisibles, mais les véhicules sont plus sollicités, transportent une cargaison ou de l'équipement et sont souvent équipés d'accessoires consommant de l'énergie. L'autonomie ou le temps de recharge ne doivent pas limiter les activités au quotidien. Pour cette raison, l'électrification des parcs commerciaux comporte plusieurs défis, dont la recharge des véhicules, qui représente un volet très important de la réussite d'une transition vers le transport électrique. Elle doit être bien pensée afin de minimiser l'impact sur la logistique de l'entreprise et de constituer une solution viable plus intéressante que l'exploitation continue de véhicules à essence.

Le terme « véhicule électrique », tel qu'il est utilisé dans le présent guide, comprend les véhicules entièrement électriques et les véhicules hybrides rechargeables.

1. Statistique Canada, *Véhicules à émission zéro au Québec, 2020*, 22 avril 2021.

Objectif du guide

Ce guide explique les enjeux associés à la recharge et facilite la planification du type et de la quantité d'équipements requis pour un projet donné.

Il ne présente pas une solution unique, car chaque contexte d'exploitation est différent. Toutefois, les principes qui y sont décrits s'appliquent à tous les types de parcs de véhicules électriques (voir la figure 1).

Le guide traite, dans un ordre chronologique, des sujets associés à la planification (sections 1 à 12), à l'implantation (section 13) et à l'exploitation (section 14) d'une infrastructure de recharge au sein d'une organisation qui prévoit d'exploiter un parc de véhicules électriques.

Figure 1 – Exemples de parcs de véhicules



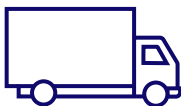
Véhicules de transport collectif



Camions de livraison



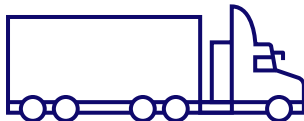
Camions à ordures



Camions mi-lourds



Autobus scolaires



Poids lourds



Véhicules légers municipaux



Véhicules légers commerciaux



Véhicules portuaires et aéroportuaires



Taxis et voitures de covoiturage

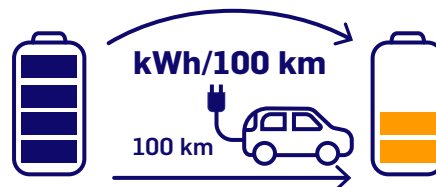
1. Notions de base

L'énergie permettant à un véhicule électrique de se mouvoir est emmagasinée dans une batterie plutôt que dans un réservoir d'essence, comme c'est le cas pour les véhicules à moteur thermique classiques. Ainsi, les unités physiques caractérisant les entrées et sorties d'énergie pour un véhicule électrique, décrites ci-après, sont différentes de celles qui sont associées aux véhicules à combustion :

1. L'énergie électrique est exprimée en **kilowattheures (kWh)**. On utilise cette unité pour décrire la capacité des batteries ou les besoins associés aux trajets ou aux périodes. On pourrait la comparer aux litres d'essence stockés dans le réservoir des véhicules à combustion.

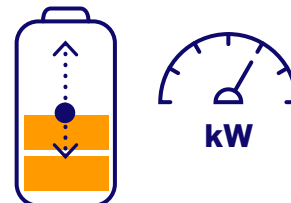


2. La **consommation** (énergétique) des véhicules électriques s'exprime en **kWh/100 km** ou encore en Wh/km. L'équivalent pour les véhicules à combustion s'exprime en L/100 km.



3. La **puissance**, qui correspond à la vitesse à laquelle l'énergie est échangée, est exprimée en **kilowatts (kW)**.

On pourrait comparer la puissance de recharge au débit, exprimé en L/min, de la pompe à essence qui remplirait le réservoir d'un véhicule à combustion. Un kW représente une vitesse d'échange d'un kWh par heure.



Un véhicule Chevrolet Bolt 2022 est équipé d'une batterie d'une capacité de 65 kWh.

Il consomme 15,6 kWh/100 km et peut se recharger à une puissance maximale de 50 kW.

2. Définition des paramètres d'exploitation

L'élaboration d'une stratégie de recharge repose sur les besoins en énergie et sur les temps d'arrêt. De ces renseignements découlent les besoins en puissance. **Avant toute chose, il faut s'assurer de bien comprendre les paramètres d'exploitation des véhicules à remplacer.** À cette étape, il est fortement suggéré de baser les calculs sur des données mesurées plutôt que sur des hypothèses, lesquelles peuvent souvent mener à une surévaluation des besoins. S'il est impossible d'avoir accès à des données provenant de mesures, il faut alors poser des hypothèses aussi réalistes que possible sans inclure de marge de sécurité.

Plutôt que de sélectionner des véhicules et des bornes en tenant compte des journées ou des trajets les plus longs de l'année, il est conseillé d'éliminer les données extrêmes pour ne pas surdimensionner les équipements. Ainsi, une donnée intéressante à connaître est la distance moyenne parcourue au quotidien pendant un an dans 90 % des cas. Pour les 10 % qui restent, soit les journées où le kilométrage est anormalement élevé, une stratégie de recharge distincte ou un véhicule différent pourrait être utilisé. Le même exercice peut être répété pour un pourcentage de 80 % ou de 95 %, en observant l'impact de cette variation sur les choix de véhicules et les coûts de ceux-ci par rapport aux gains apportés.

Questions clés à se poser pour planifier une stratégie de recharge

→ Déplacements des véhicules :

- À quoi ressemblent les trajets types ? Quelle distance les véhicules parcourent-ils d'un arrêt à l'autre ?
- À quoi ressemblent les journées types ? Combien d'heures les véhicules sont-ils en marche ?
- Est-ce que les déplacements sont répartis en plusieurs trajets courts, ou sont-ils longs et moins nombreux ?
- Où les véhicules s'arrêtent-ils et pendant combien de temps ?

→ Facteurs influant sur la consommation de base des véhicules :

- Les véhicules sont-ils équipés d'accessoires spéciaux consommant de l'énergie électrique ? Si oui, est-il possible d'estimer leur consommation ?
- Les véhicules transportent-ils de la marchandise ? Si oui, le font-ils sur tous les trajets ?
- Les véhicules fonctionnent-ils au ralenti pendant de longues périodes ?

→ Climat :

- Les véhicules sont-ils utilisés dans des conditions hivernales ?
- Quelle est la source d'énergie du chauffage de l'habitable ?

2. Définition des paramètres d'exploitation



Sonder les conducteurs et conductrices sur les conditions réelles d'utilisation des véhicules et sur leurs habitudes permet de préciser les besoins énergétiques et d'établir des hypothèses réalistes sur les horaires d'utilisation.



EXEMPLE :

Un parc de taxis dessert une région urbaine. Tous ses véhicules sont stationnés à un dépôt lorsqu'ils ne sont pas en service. Ils parcourent plusieurs trajets courts et s'arrêtent à de multiples endroits durant la journée. Dans une journée type, un taxi parcourt en moyenne 220 km en 6,5 heures et est stationné pendant au moins 1,5 heure à des arrêts de taxi. Il retourne au dépôt central pour la nuit, où il reste au repos pendant au moins 6 heures. Les véhicules ne sont pas dotés d'accessoires demandant une puissance électrique importante, mais ils restent longtemps en marche au ralenti pour tenir l'habitacle au chaud ou climatisé. Ils sont exploités toute l'année.

3. Estimation des besoins énergétiques

Les réponses à ces questions clés servent à estimer les besoins énergétiques des véhicules². Il faut ensuite estimer la consommation et calculer l'énergie nécessaire au quotidien.

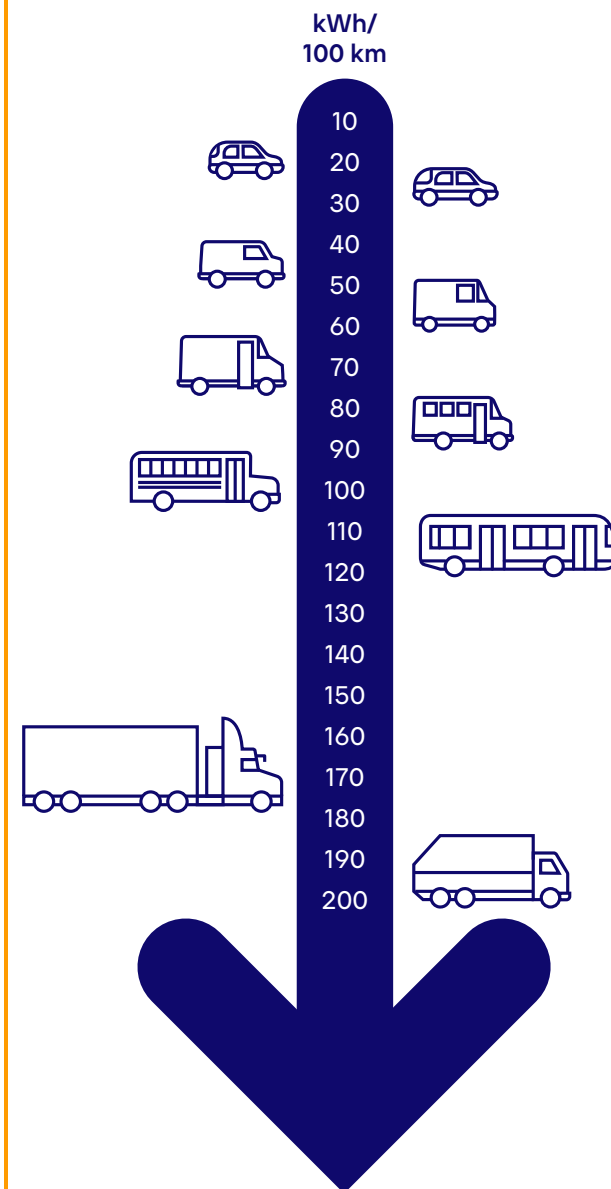
3.1 Consommations types des véhicules électriques commerciaux

Bien qu'il soit tentant de se fier à l'autonomie et à la consommation énergétique présentées sur la fiche technique d'un véhicule, il est hasardeux de se baser sur cette valeur dans le contexte d'un parc de véhicules commerciaux. En effet, l'autonomie nominale est calculée selon un cycle qui représente les déplacements types d'un véhicule personnel. Ce cycle diffère grandement lorsque le véhicule est utilisé dans un contexte commercial, qu'il transporte une cargaison ou qu'il reste souvent en marche au ralenti.

Il est pertinent de s'adresser aux fabricants de véhicules pour obtenir des données détaillées de consommation. Pour les véhicules commerciaux, en particulier, le type d'utilisation, le chargement des véhicules et les conditions de route peuvent entraîner des consommations très différentes de celles qui sont fournies par le fabricant.

La figure 2 illustre une approximation des consommations moyennes annuelles de différents types de véhicules électriques commerciaux.

Figure 2 – Consommation approximative de différents types de véhicules électriques commerciaux



2. Les données de consommation présentées dans ce document sont tirées de différents projets de l'Institut du véhicule innovant.

3. Estimation des besoins énergétiques

Il en va de même pour l'autonomie. Dans un contexte commercial, l'autonomie indiquée par le fabricant n'est pas une donnée valide. Bien qu'elle puisse provenir d'une source crédible (p. ex., de l'Agence américaine pour la protection de l'environnement, ou EPA, qui mesure l'autonomie des véhicules légers nord-américains), les cycles selon lesquels sont testés les véhicules ne représentent pas ceux d'un véhicule de travail, qui peut être au ralenti, utiliser des accessoires ou transporter une cargaison. La démarche proposée dans ce guide est basée sur une estimation réelle de la consommation et de l'autonomie plutôt que sur l'autonomie nominale fournie par le fabricant ou l'EPA.

L'énergie électrique réellement disponible dans les batteries est légèrement inférieure à la capacité indiquée sur la fiche du véhicule. La raison est que les fabricants de batteries cherchent à conserver une marge de sécurité, c'est-à-dire une plage d'énergie qui n'est pas accessible au véhicule, mais qui fait en sorte que la batterie ne soit jamais complètement déchargée ou chargée à pleine capacité. **Typiquement, la capacité réelle d'une batterie se situe entre 90 et 95 % de la capacité indiquée sur la fiche technique.** Par exemple, une batterie de 62 kWh d'un véhicule léger pourrait, en réalité, ne pouvoir fournir que 58 kWh.

Pour estimer grossièrement l'autonomie réelle d'un véhicule, la formule suivante est utile :

$$\text{Autonomie estimée (km)} = 100 \times \frac{\text{Capacité réelle des batteries (kWh)}}{\text{Consommation estimée } \left(\frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}} \right)}$$

3. Estimation des besoins énergétiques

3.2 Marges de manœuvre pour tenir compte des fluctuations saisonnières

La consommation de tout véhicule routier, électrique ou non, augmente dans des conditions hivernales. La densité de l'air, qui est plus élevée l'hiver et qui oppose ainsi des forces aérodynamiques accrues, le mauvais état de la chaussée et l'utilisation de pneus d'hiver accroissent la consommation.

En plus des facteurs cités précédemment, les véhicules électriques voient leurs dépenses énergétiques s'intensifier en hiver. Le chauffage de l'habitacle et des batteries demande beaucoup d'énergie, car la chaleur doit être produite de toute pièce ; elle ne peut être puisée à même la chaleur générée par un moteur à combustion. Il en résulte donc une autonomie réduite en hiver.

La baisse d'adhérence de la chaussée peut aussi accroître la consommation en raison des accélérations et de l'antipatinage au freinage qui réduit la quantité de freinage régénératif.

La surconsommation hivernale varie selon le contexte d'exploitation, **mais elle peut atteindre 40 %** (ce qui entraîne, par le fait même, une baisse de 40 % de l'autonomie). Des marges de manœuvre sont donc à inclure dans l'estimation des besoins en énergie.

Dans la majorité des véhicules légers électriques, l'habitacle est chauffé grâce à l'énergie des batteries. Plusieurs modèles de véhicules électriques sont désormais dotés d'une thermo-pompe, plus efficace qu'un système de chauffage résistif. Le choix de ces modèles permet donc d'amoinrir la surconsommation hivernale.

Certains véhicules électriques commerciaux offrent un système de chauffage auxiliaire à essence ou au diesel pour limiter la perte d'autonomie liée au chauffage. Par exemple, un autobus scolaire électrique équipé d'un appareil de chauffage au diesel ne consomme que 13 % de plus en hiver qu'en automne³ (la saison où la consommation est typiquement à son plus bas). Or, bien que ces gains en autonomie soient intéressants, les émissions produites par un tel équipement sont proportionnellement très élevées, même si celui-ci consomme peu de carburant⁴. La raison est que l'absence d'un système de traitement des gaz d'échappement peut entraîner la production de mille fois plus d'émissions nocives qu'un véhicule à essence en marche au ralenti.

À noter que le phénomène de surconsommation est également présent en été. La climatisation de l'habitacle est responsable de cette hausse de consommation par rapport à l'automne ou au printemps.

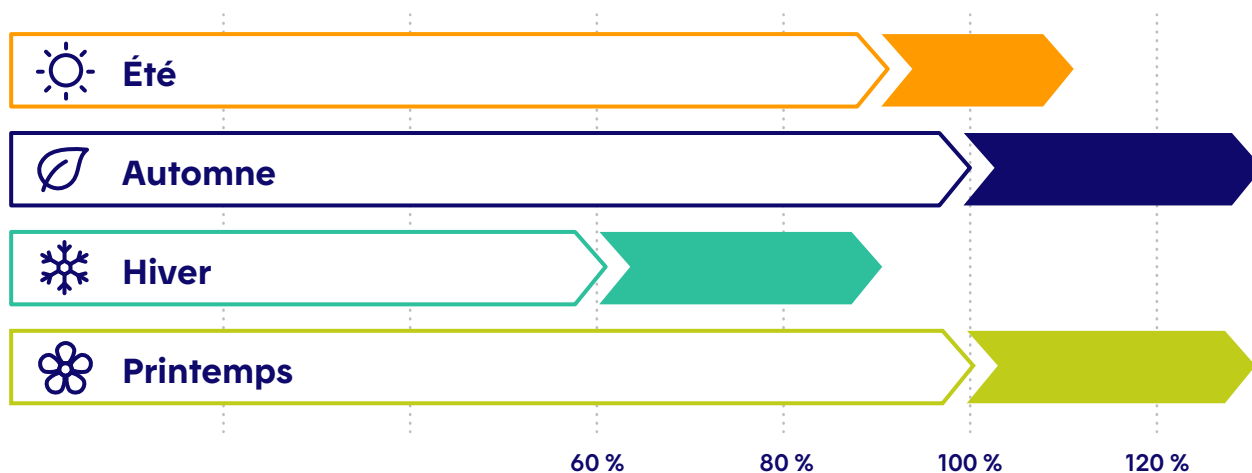
3. Institut du véhicule innovant (IVI), *Design, calibration and real world data of an electric school bus*, 2016.

4. Panu KARJALAINEN et coll., *Fuel-Operated Auxiliary Heaters Are a Major Additional Source of Vehicular Particulate Emissions in Cold Regions*, 2021.

3. Estimation des besoins énergétiques

La figure 3 illustre les variations de consommation au fil des saisons. En hiver, on voit que l'autonomie peut être réduite de 10 à 40 %. Toutefois, au printemps, il est possible d'atteindre une autonomie 30 % supérieure à la moyenne annuelle.

Figure 3 – Variations saisonnières de l'autonomie
(100 % = autonomie annoncée par le constructeur)



3.3 Calcul des besoins énergétiques quotidiens

À l'aide des réponses aux questions clés et de l'estimation de la consommation, on peut calculer les besoins énergétiques quotidiens pour chaque véhicule, de la façon suivante :

$$\text{Besoins énergétiques quotidiens (kWh)} = \frac{\text{Kilométrage quotidien (km)} \times \text{Consommation } \left(\frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}} \right)}{100} + \text{Puissance des accessoires énergivores (kW)} \times \text{Nombre d'heures où ils sont en marche (h)}$$

3. Estimation des besoins énergétiques

Suivant la nature des accessoires, on peut inclure leur puissance dans une consommation moyenne ou en tenir compte séparément comme dans la formule ci-dessus, si leur fonctionnement est indépendant des déplacements du véhicule (p. ex., une nacelle électrique en fonction pendant trois heures sur un camion à l'arrêt).

En sachant que la consommation varie en fonction de la saison, on peut estimer les besoins quotidiens estivaux et hivernaux. Ces besoins doivent être représentatifs, car, si les calculs sont basés sur des kilométrages anormalement élevés, les équipements de recharge qui seront sélectionnés aux prochaines étapes de la démarche risquent d'être surdimensionnés. Ils ne doivent donc pas inclure de marge de sécurité déraisonnable.



Attention à ne pas combiner les marges de sécurité dans les estimations.

Si une marge de manœuvre hivernale de 40 % est prise en compte, la stratégie sera amplement conservatrice. Il est alors inutile de prévoir une marge de sécurité additionnelle sur les temps de recharge, la longueur des trajets, la consommation ou la marche au ralenti. Dimensionner les véhicules en se basant sur des hypothèses pessimistes éliminera beaucoup de choix de véhicules et de bornes.

3.4 Influence des besoins énergétiques quotidiens sur le choix du véhicule

Dimensionnement de la batterie du véhicule

Si la stratégie de recharge est prévue en conséquence, il sera possible de parcourir quotidiennement une distance plus grande que l'autonomie affichée par le fabricant.

L'approche la plus intuitive consisterait à calculer les besoins quotidiens en énergie et à sélectionner un véhicule en se basant uniquement sur ce critère. Cependant, comme le démontreront les prochaines sections de ce guide, il est tout à fait possible d'appuyer une stratégie d'électrification sur la recharge en cours de journée. Ainsi, dans certains parcs de véhicules électriques, les besoins énergétiques quotidiens peuvent largement excéder la capacité de la batterie sans compromettre les activités.

Prenons l'exemple suivant. Lors d'un projet pilote financé par le ministère des Transports du Québec (MTQ) mené entre 2018 et 2022, des taxis électriques de la Coopérative des propriétaires de taxi de Laval ont été déployés en zone urbaine. Ils pouvaient consommer quotidiennement jusqu'à trois fois la capacité de leur batterie. Grâce à la recharge rapide sur la route, le service a été très peu compromis. Les conducteurs et conductrices propriétaires de leur véhicule adoptent même ce modèle par choix.

3. Estimation des besoins énergétiques

Pour savoir s'il sera nécessaire de procéder à des recharges en cours de journée, il faut comparer les besoins énergétiques quotidiens avec la capacité de la batterie en n'oubliant pas de tenir compte des marges de dégradation et des plages d'état de charge non utilisées.

Pour qu'un scénario puisse reposer uniquement sur la recharge de nuit pour toute la durée de vie du véhicule, il faut que la condition suivante soit satisfaite :

Capacité initiale
réelle de la batterie
(kWh)

➤

Besoins
quotidiens moyens
(kWh)

×

Marge
hivernale

×

Marge
pour
dégradation

×

Marge
pour plage
non utilisée

où les paramètres et leur valeur sont les suivants :

Paramètre	Valeur	Remarque
Capacité initiale réelle de la batterie	Environ 95 % de la capacité de la batterie indiquée sur la fiche technique du véhicule	Voir la section 3.1
Marge hivernale	1,4 si le chauffage de l'habitacle est électrique ou 1,15 si un appareil de chauffage auxiliaire est utilisé	Voir la section 3.2
Marge pour dégradation	1,1	Il est à prévoir que la plage de batterie utilisable se dégrade sur la durée de possession du véhicule. Les études sur la dégradation des batteries automobiles sont nombreuses. Ce phénomène est variable selon le modèle de véhicule et le type d'utilisation. Pour un véhicule commercial, une dégradation de 4 à 10 % par 100 000 km est réaliste.
Marge pour plage non utilisée	1,05	Les conducteurs et conductrices de véhicules électriques n'aiment généralement pas descendre sous un état de charge de 5 %, même si l'autonomie reste prévisible et qu'il n'y a aucun risque de panne. C'est une plage qui demeure ainsi inutilisée.

3. Estimation des besoins énergétiques

En faisant le calcul, on peut conclure que les besoins pourront être remplis en une seule charge si l'équation est satisfaite, c'est-à-dire que la capacité réelle de la batterie est plus grande que les besoins énergétiques, y compris les marges de manœuvre. Ces marges correspondent au cas extrême d'une journée d'hiver et d'un véhicule en fin de vie dont la batterie est dégradée et a une plage non utilisée de 5 %.

Un tel calcul est utile pour faire le choix du véhicule dans les situations où la recharge en cours de journée n'est pas envisageable.



EXEMPLE :

Une berline électrique utilisée comme taxi consomme environ 20 kWh/100 km. Cette consommation tient compte de la marche au ralenti, très présente dans ce contexte d'exploitation. Si le véhicule parcourt en moyenne 220 km par jour, les besoins énergétiques quotidiens moyens sont de l'ordre de 44 kWh, selon la formule suivante :

$$220 \text{ km} \times 20 \text{ kWh}/100 \text{ km} = 44 \text{ kWh}$$

Le gestionnaire de parc envisage l'achat de véhicules ayant une batterie de 50 kWh, 62 kWh et 75 kWh respectivement. Dans les trois cas, les véhicules pourront fonctionner sans nécessiter de recharge en cours de journée, puisque les besoins quotidiens moyens sont de seulement 44 kWh.

Lors des journées les plus froides de l'hiver, les véhicules ayant une batterie de 50 kWh ou de 62 kWh pourraient nécessiter une recharge en cours de journée pour terminer le quart de travail.

En fin de vie, lors des plus rudes journées, seul le véhicule ayant une batterie de 75 kWh aura une capacité suffisante pour fonctionner toute la journée sur une seule charge. Cependant, comme les prochaines étapes le montreront, la recharge en cours de journée est tout à fait viable pour les taxis. De cette façon, des véhicules ayant une batterie de moins de 75 kWh pourraient s'inscrire dans l'éventail de choix.

L'autonomie réelle d'un véhicule affichant 75 kWh sur sa fiche technique, lorsqu'il est utilisé comme taxi, est d'environ 356 km, plutôt que les 410 km annoncés par le fabricant.

4. Estimation des besoins en puissance

Une fois les besoins énergétiques quotidiens de chaque véhicule déterminés et les marges de manœuvre saisonnières prises en compte, on peut utiliser les renseignements sur les arrêts pour calculer la puissance de recharge minimale.

Cette puissance représente un seuil au-dessus duquel, pour un temps d'arrêt donné, les besoins énergétiques sont assurément comblés. Cette

valeur permettra de déterminer les solutions de recharge optimales. La sélection d'une puissance réelle supérieure à la puissance minimale assurera une marge de manœuvre pour l'exploitation.

Dans les cas simples où le véhicule se recharge durant la nuit et les pauses, sur des bornes de même puissance, la formule suivante permet de calculer la puissance minimale des bornes :

$$\text{Puissance minimale (kW)} = \frac{\text{Besoins énergétiques quotidiens (kWh)}}{\text{Heures totales disponibles pour la recharge par jour (h)}}$$

Il n'est pas nécessaire que les besoins quotidiens en énergie soient comblés par une seule séance de recharge. De multiples séances de durées variables tout au long de la journée peuvent être prévues.

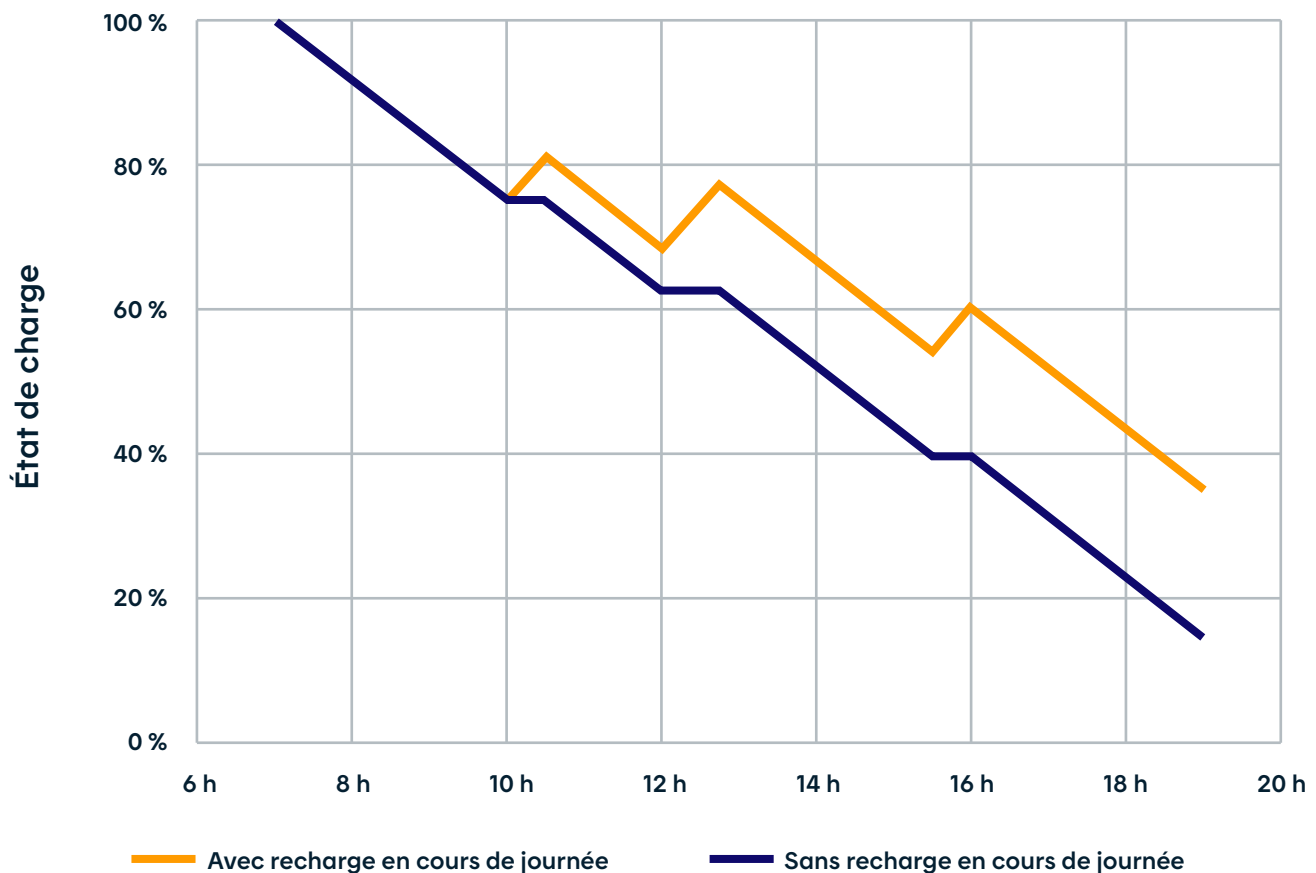
4. Estimation des besoins en puissance

En comparant la puissance minimale avec les fourchettes de puissances associées aux différents niveaux de recharge, il est possible de faire une première sélection de niveau de recharge (voir la section 5).

Lorsque les véhicules sont de retour au dépôt durant la journée, il est important de saisir toutes

les occasions de recharge. Par exemple, recharger un véhicule lors de deux pauses de 30 minutes et d'une pause-dîner de 45 minutes sur une borne de niveau 2 (voir la section 5) peut faire une grosse différence. On voit à la figure 4 que l'état de charge en fin de journée serait de 35 %, comparativement à 15 % si aucune recharge n'avait été effectuée.

Figure 4 – Effet de la recharge en cours de journée



4. Estimation des besoins en puissance

Il est également possible de procéder à différentes séances de recharge à des puissances variables durant une journée. Dans ce cas, il faut utiliser la même formule, appliquée individuellement pour chaque séance. La puissance de recharge minimale à partir d'une quantité d'énergie requise et d'un temps d'arrêt donné se calcule de la façon suivante :

$$\text{Puissance minimale pour une séance (kW)} = \frac{\text{Quantité d'énergie requise (kWh)}}{\text{Temps d'arrêt à la borne (h)}}$$

Cette formule permet de connaître la puissance nécessaire pour une séance de recharge. Par exemple, un véhicule pourrait être rechargé durant la pause-dîner, de retour au dépôt de véhicules, afin d'accumuler assez d'énergie pour l'après-midi.

On peut aussi utiliser l'équation suivante (qui découle de la précédente) pour calculer l'énergie retournée au véhicule si l'on connaît la puissance de recharge et la durée de la recharge :

$$\text{Énergie de la recharge (kWh)} = \text{Puissance (kW)} \times \text{durée de la recharge (h)}$$

Cette valeur peut se montrer utile pour, par exemple, déterminer l'énergie récupérée sur une borne de recharge rapide après une recharge de 30 minutes durant la pause-dîner, si l'on connaît la puissance.

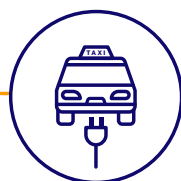
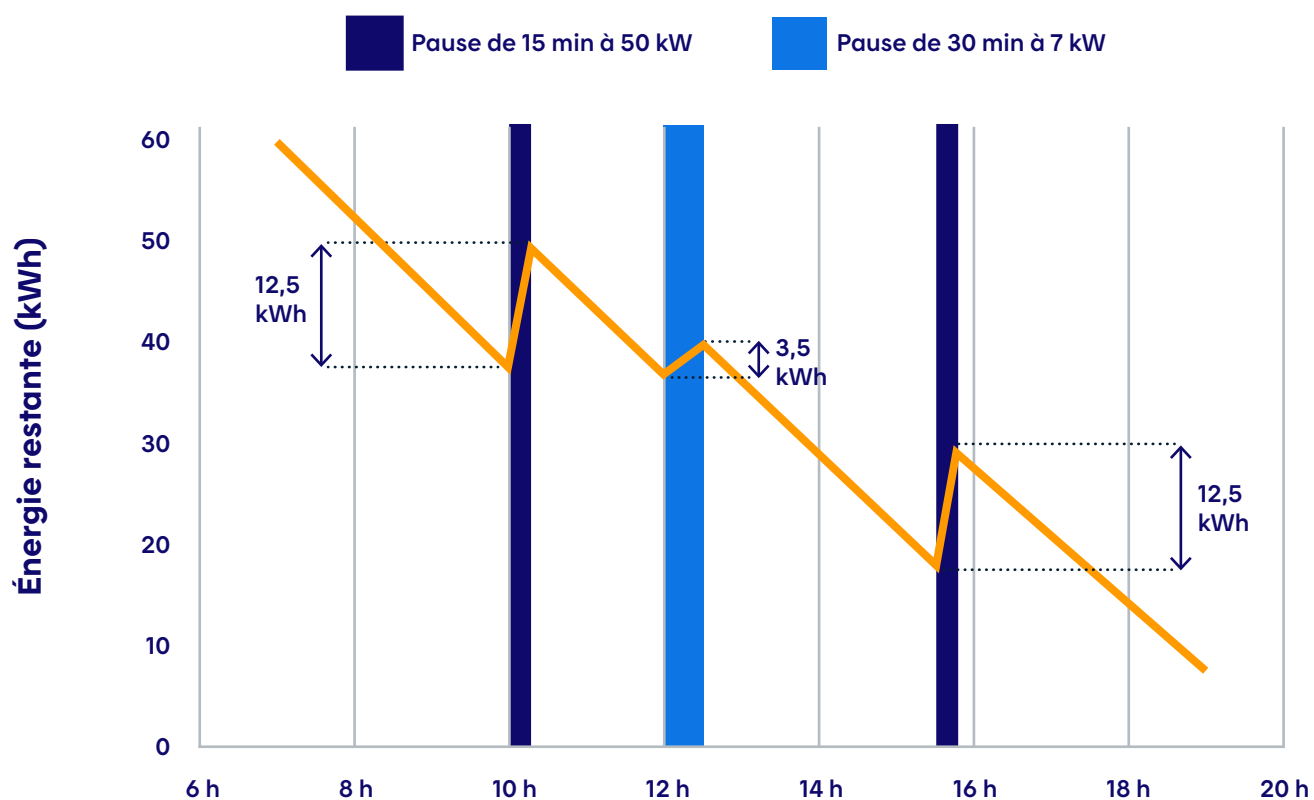
Finalement, on peut obtenir la durée de recharge si l'on connaît la puissance et la quantité d'énergie souhaitée, comme suit :

$$\text{Durée de la recharge (h)} = \frac{\text{Quantité d'énergie souhaitée (kWh)}}{\text{Puissance moyenne de la recharge (kW)}}$$

4. Estimation des besoins en puissance

Par exemple, deux pauses de 15 minutes utilisées pour une recharge à 50 kW ajoutent 12,5 kWh chacune à la batterie, alors qu'une pause-dîner de 30 minutes sur une borne de 7 kW permet d'y ajouter seulement 3,5 kWh, comme l'illustrent respectivement les deux calculs illustrés à la figure 5.

Figure 5 – Comparaison de l'énergie ajoutée par des pauses à deux types de bornes différents



EXEMPLE :

Pour chaque cycle de 24 heures, les taxis passent 6 heures au dépôt et 1,5 heure en pause sur la route à des arrêts de taxi, dont une pause-dîner de 1 heure. Au total, ils sont donc à l'arrêt au moins 7,5 heures par jour dans des stationnements où le parc a une emprise. Si les besoins quotidiens moyens sont de 44 kWh (voir l'exemple précédent, à la section 3.4), une puissance minimale de 5,86 kW sur ces 7,5 heures suffirait à combler les besoins quotidiens moyens, selon l'équation suivante :

$$44 \text{ kWh} / 7,5 \text{ h} = 5,86 \text{ kW}$$

En hiver, lors des journées froides, pour combler les besoins quotidiens extrêmes (qui équivalent à une hausse de 40 % de la consommation), il faudrait une puissance minimale de 8,2 kW en utilisant un seul type de recharge lors d'un temps d'arrêt de seulement 7,5 heures. Cette valeur est calculée comme suit :

$$44 \text{ kWh} \times 1,4 = 61,6 \text{ kWh}$$

(où 1,4 est la marge hivernale ; voir la section 3.4)

$$61,6 \text{ kWh} / 7,5 \text{ h} = 8,2 \text{ kW}$$

5. Sélection des bornes

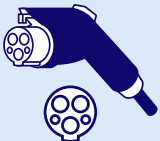
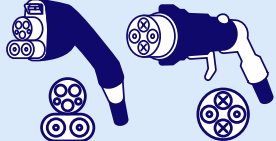
Un bon point de départ pour sélectionner les bornes consiste à élaborer une stratégie de recharge en s'assurant de dépasser la puissance minimale. Toutefois, plusieurs autres facteurs exercent une influence sur la puissance et le temps de recharge et doivent donc être pris en compte dans la planification. Cette section décrit les différents types de recharge ainsi que les paramètres pouvant orienter la sélection d'un type, d'un modèle et d'un distributeur de borne.

5.1 Types de recharge

Tout d'abord, il est nécessaire de présenter les trois types de recharge existants. Les niveaux de recharge et leur appellation sont établis et maintenus par des normes internationales de sorte qu'une certaine standardisation des équipements soit possible, peu importe le type de véhicules électriques (légers, lourds, motos, véhicules récréatifs, etc.). Cela dit, tous les véhicules électriques ne sont pas compatibles avec tous les types de recharge présentés dans le tableau 1.

5. Sélection des bornes

Tableau 1 – Types de recharge

	Recharge en courant alternatif (CA)		Recharge en courant continu (CC)
	Niveau 1	Niveau 2	Recharge rapide (BRCC ^a)
Puissances de recharge types ^b	1,4 kW	De 7,2 à 19,2 kW	24 kW, 50 kW, 100 kW et plus
Alimentation type de la borne	De 8 à 16 A 120 V	De 15 à 80 A 208 V ou 240 V	De 60 à 200 A 480 Y / 277 V triphasée ^c
Gain d'autonomie ^d	De 5 à 8 km/h	De 35 à 100 km/h	120 km/h, 250 km/h (ou plus)
Temps de recharge type pour atteindre une autonomie de 150 km	De 20 à 25 h	De 4 à 6 h	De 35 à 45 min
Équipement nécessaire	• Borne portative fournie avec le véhicule • Prise 110 V	• Borne de recharge 240 V • Alimentation 240 V	• Borne de recharge à courant continu (BRCC)
Coûts typiques d'acquisition d'une borne	Aucun	De 1000 à 4 000 \$	De 20 000 à 70 000 \$ (ou plus)
Coûts typiques d'installation d'une borne	Aucun	De 1000 à 5 000 \$	De 10 000 à 50 000 \$ (ou plus)
Principaux avantages	• Pas ou peu de coûts d'acquisition et d'installation • Peut fonctionner presque partout	• Subventions offertes • Excellent rapport puissance/coûts	• Subventions offertes • Recharge rapide
Principaux inconvénients	• Recharge très lente, peu appropriée pour une utilisation commerciale	• Pas assez de puissance pour recharger en une nuit certains véhicules lourds équipés d'une batterie de très grande capacité	• Coûts élevés d'acquisition et d'installation • Une grande attention doit être portée à la gestion de la puissance pour s'assurer que les coûts d'exploitation demeurent raisonnables.
Connecteurs	SAEJ1772 	SAEJ1772 	CCS Combo ou CHAdeMO 

Source : Institut du véhicule innovant, *Guide pour l'électrification d'une flotte de véhicules* (Flotte rechargeable, 2020a), avec une mise à jour de certaines informations

a. BRCC : borne de recharge à courant continu.

b. Valeurs types de la puissance maximale de recharge.

c. Certaines « petites » BRCC (d'une puissance d'environ 25 kW) peuvent être raccordées à un circuit à 240 V monophasé ou à une phase de 208 V.

d. Le gain d'autonomie est exprimé en kilomètres d'autonomie ajoutés au véhicule par heure de recharge, en supposant un véhicule ayant une consommation d'énergie moyenne de 20 kWh/100 km (véhicule léger standard).

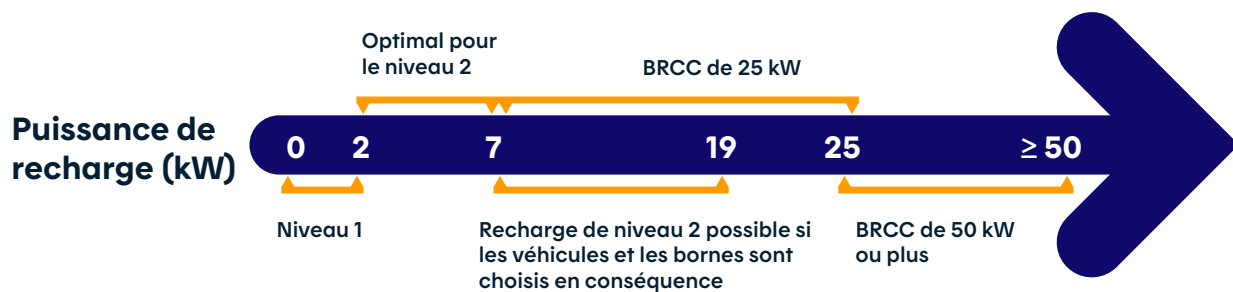
5. Sélection des bornes

Puisque la majorité des scénarios de déploiement d'une installation de recharge pour les véhicules électriques d'un parc impliquent des besoins en puissance relativement élevés, le présent guide ne traitera pas en détail de la recharge de niveau 1.

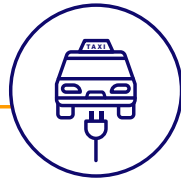
L'infrastructure exclusive à Tesla n'est pas non plus abordée, car elle n'est actuellement compatible qu'avec les véhicules de ce fabricant. Toutefois, ceux-ci peuvent être raccordés aux bornes de niveau 2 et à certaines BRCC d'autres fabricants moyennant l'utilisation d'adaptateurs.

Si l'on connaît la puissance minimale pouvant combler les besoins énergétiques selon la plage de temps disponible à la borne, on peut sélectionner le bon niveau de recharge (niveau 1, niveau 2 ou BRCC), comme l'illustre le schéma à la figure 6.

Figure 6 – Schéma de sélection du niveau de recharge



5. Sélection des bornes



EXEMPLE :

Dans l'exemple de la section 4, on a établi qu'une puissance minimale de 5,86 kW est nécessaire pour combler les besoins quotidiens. On peut maintenant sélectionner le niveau de recharge. La solution de recharge retenue doit dépasser cette valeur pour que les besoins énergétiques moyens soient comblés ou dépassés dans les 7,5 heures disponibles à la borne.

Cette puissance correspond à la recharge de niveau 2.

Le gestionnaire de parc a également calculé une puissance minimale de 8,2 kW pour combler les besoins hivernaux extrêmes. Cette puissance est trop élevée pour la majorité des scénarios de recharge de niveau 2 et trop basse pour justifier l'implantation de bornes de recharge à courant continu (BRCC) pour chaque véhicule au dépôt, ce qui serait une solution très coûteuse.

En hiver, un véhicule raccordé à une BRCC de 50 kW durant une pause-dîner de 45 min (la puissance réelle sur la séance de recharge étant approximée à 42 kW) pourrait obtenir une recharge de 31,5 kWh, selon la formule suivante :

$$(45 \text{ min}/60 \text{ min}) \times 42 \text{ kW} = 31,5 \text{ kWh}$$

Ainsi, des 61,6 kWh requis en cas extrêmes (voir la section 4), il n'en reste que 30,1 kWh à combler la nuit en 6 heures. Cela correspond à une puissance de 4,93 kW, atteignable avec une borne de niveau 2.

Ainsi, la majorité de l'année, les taxis peuvent se raccorder uniquement aux bornes de niveau 2 la nuit et pendant les pauses. Lors de scénarios extrêmes, ils devront passer 45 minutes à une BRCC le midi ou durant les pauses.

S'il est impossible d'utiliser les bornes de recharge publiques pour ces journées occasionnelles et qu'une ou plusieurs bornes rapides privées doivent être déployées, le gestionnaire du parc pourrait varier les heures de la pause-dîner de façon à minimiser le nombre de BRCC requises.

5. Sélection des bornes

5.2 Temps de recharge

Au-delà de la puissance maximale de la borne, la vitesse à laquelle un véhicule peut être rechargé dépend de plusieurs facteurs.

5.2.1 LIMITES IMPOSÉES PAR LE VÉHICULE

Dans certains cas, les fabricants de véhicules offrent un choix d'équipement ou d'options installés à bord du véhicule à l'achat. Les caractéristiques des véhicules sont très importantes dans l'élaboration d'une stratégie de recharge et peuvent parfois bloquer certaines possibilités techniques. Il convient alors de se poser les questions suivantes :

- **Quelle est la puissance de recharge maximale pour le niveau 2 ?**

Sur certains types de véhicules, le chargeur embarqué est proposé en option. Cette composante convertit le courant alternatif en courant continu pour alimenter la batterie. Sans chargeur embarqué, le véhicule n'est pas compatible avec la recharge en courant alternatif et peut uniquement se recharger sur des bornes de recharge à courant continu (BRCC).

Il est nécessaire de connaître la puissance de recharge maximale du chargeur embarqué du véhicule, car c'est elle qui dictera la puissance de recharge maximale pour le niveau 2.

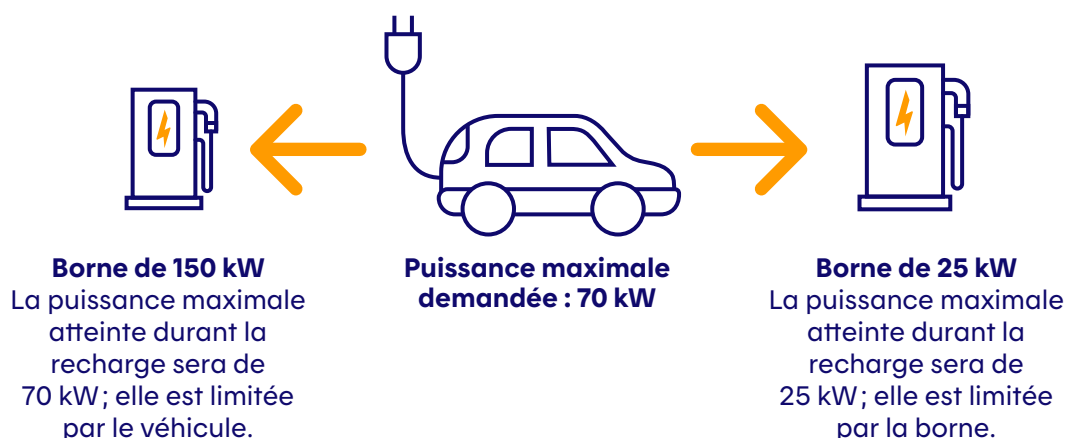
- **Est-il possible d'effectuer une recharge rapide ? Si oui, à quelle puissance maximale ?**

Contrairement au cas précédent, ce pourrait être le port de recharge rapide qui est offert en option. Le véhicule de base est alors uniquement compatible avec la recharge de niveau 2.

Des caractéristiques des composantes du véhicule peuvent limiter la recharge. Par exemple, un véhicule qui accepte une recharge rapide à 100 kW pourrait se recharger plus vite qu'un véhicule limité à 50 kW.

Un véhicule peut se brancher sans problème sur une borne d'une puissance supérieure ou inférieure à sa puissance maximale. En tout temps, c'est le véhicule qui dicte la puissance de recharge demandée ; il ne peut pas subir de dommage. La borne, quant à elle, livre la puissance maximale disponible en respectant la consigne du véhicule (voir la figure 7).

Figure 7 – Puissance de recharge maximale d'un véhicule selon la puissance de la borne



5. Sélection des bornes

• Quel est le type de port de recharge ?

Pour la recharge en courant alternatif (niveaux 1 et 2), tous les véhicules nord-américains, hormis les Tesla, sont dotés du même port de recharge (SAE J1772).

Cependant, pour la recharge en courant continu, comme l'explique la section 5.1, il existe deux principaux types de ports de recharge : CCS Combo et CHAdeMO. Certaines bornes comportent les deux options. Il peut donc être avantageux de standardiser autant que possible les ports de recharge au sein d'un même parc de véhicules. Il est à noter que le port CHAdeMO est en déclin. Presque tous les fabricants se sont tournés vers la norme CCS Combo, au point où plusieurs réseaux de recharge américains ont annoncé ne plus déployer de bornes proposant le port CHAdeMO.

5.2.2 LIMITES IMPOSÉES PAR L'ÉTAT DE CHARGE

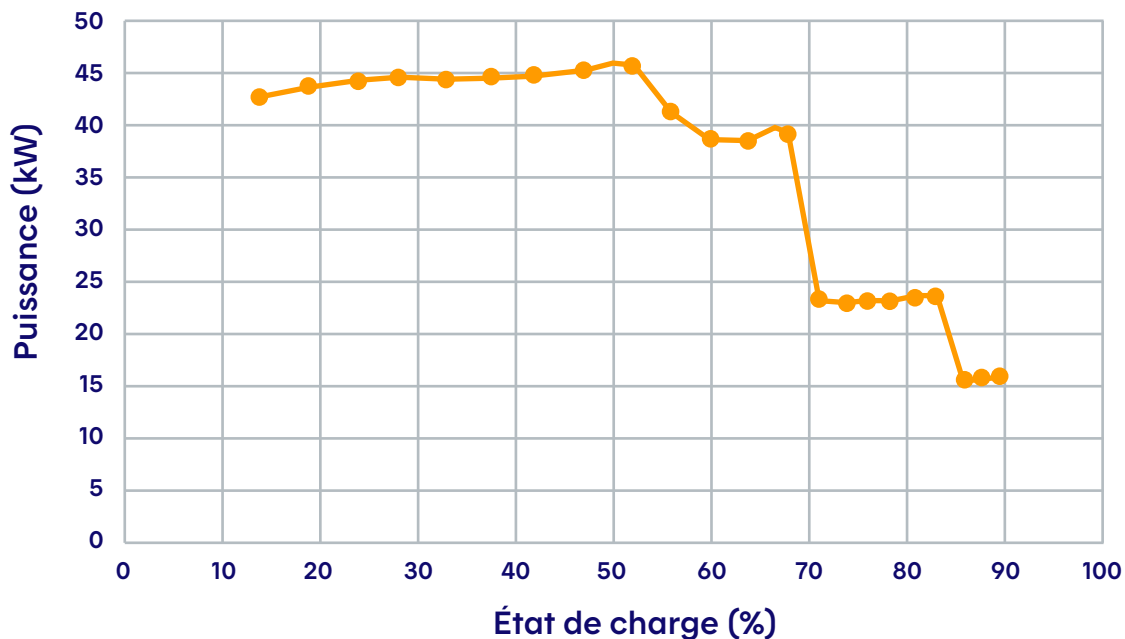
La puissance varie au cours d'une recharge, car au-delà d'un certain seuil, situé autour de 80 %, selon le modèle de véhicule, la vitesse de recharge chute pour protéger l'intégrité de la batterie et en optimiser la durée de vie. Typiquement, au début et à la fin d'une recharge, la puissance est réduite. Cette variation fait en sorte que la puissance moyenne au cours de la séance est inférieure à la puissance maximale de la borne ou du véhicule.

La figure 8 illustre la variation type de la puissance de recharge au cours d'une séance. Les courbes dépendent de la programmation du véhicule et des choix de conception du fabricant. Les véhicules peuvent se comporter différemment selon l'année-modèle ou la capacité de la batterie. Cette figure représente la courbe de puissance résultant d'un test de recharge effectué au laboratoire de l'Institut du véhicule innovant sur une Bolt 2017 de Chevrolet.

On y voit que même pour un véhicule acceptant 50 kW qui est raccordé à une borne pouvant offrir 50 kW de puissance, la puissance réelle est en dessous de cette valeur et chute alors que l'état de charge augmente. La température de la batterie au début de la recharge était de 20 °C.

5. Sélection des bornes

Figure 8 – Variation type de la puissance lors de la recharge à une borne de 50 kW d'une Bolt 2017 de Chevrolet



Source : Données de l'Institut du véhicule innovant, 2017

5.2.3 LIMITES IMPOSÉES PAR LA TEMPÉRATURE (RECHARGE RAPIDE SEULEMENT)

Pour pouvoir accepter la puissance de recharge la plus élevée possible, les batteries doivent être maintenues à une température idéale. Si cette condition n'est pas respectée, le véhicule ralentit la recharge pour protéger les cellules de la batterie. Il utilisera une partie de la puissance offerte par la borne pour réchauffer ou refroidir la batterie dans l'objectif d'atteindre la température optimale pour l'échange d'énergie.

Les fabricants de véhicules n'ont pas tous la même stratégie quant à l'autorisation de puissances de recharge élevées lors de températures extrêmes. Deux modèles de véhicules dotés de caractéristiques similaires pourraient se comporter de manière totalement différente lors de la recharge hivernale. Pour certains véhicules, la puissance de recharge chute fortement lorsque la batterie est froide.

Lors de la phase de sélection des véhicules, il est important de se renseigner sur le comportement de recharge en hiver.

Comme la puissance peut être réduite en hiver, la recharge rapide peut prendre jusqu'à 35 % plus de temps en hiver qu'en été⁵. Plus la puissance est élevée, plus ce phénomène risque de se produire. En plus d'être lié à la température extérieure, il est également accentué lorsque le véhicule est froid (p. ex., si une recharge rapide est effectuée au tout début de la journée).

Ce phénomène est pratiquement inexistant sur les bornes de niveau 2. Comme les puissances en jeu sont beaucoup plus basses, le véhicule n'a pas à nettement ralentir la recharge même si la température n'est pas optimale.

Si des recharges rapides sont prévues, il est important de valider les temps de recharge et de se renseigner sur les effets de la température auprès des fabricants avant d'acheter un véhicule.

5. Ce phénomène a été observé empiriquement par l'Institut du véhicule innovant sur des véhicules légers rechargés à une borne de 72 kW dans le cadre d'un projet pilote sur l'électrification de taxis dans les régions de Montréal et Québec qui s'est déroulé de 2018 à 2022.

5.3 Caractéristiques des bornes

Une fois le type de recharge et la puissance requise déterminés, il faut choisir le modèle de borne en prenant en compte plusieurs critères, dont ceux-ci :

Critères mécaniques et esthétiques

- Dimensions et empreinte au sol
- Possibilités de montage sur piédestal ou au mur
- Degré de protection contre les intempéries
- Plages de températures de fonctionnement
- Longueur du ou des câbles de recharge
- Possibilités de lettrage ou d'affichage publicitaire
- Nombre de pistolets par borne
- Présence d'un enrouleur de câble

Critères de gestion de puissance

- Possibilité de mise en réseau pour le partage de la puissance
- Possibilité de sélection du courant maximal pour limiter la puissance
- Possibilité de partage de disjoncteur
- Facilité d'intégration du système de gestion des bornes avec les systèmes déjà en place en entreprise
- Compatibilité avec le protocole OCPP (Open Charge Point Protocol), qui pourrait permettre de mettre plusieurs bornes de différents fabricants en communication⁶

Critères de restrictions de la recharge et de suivi des utilisations

- Possibilité de restriction d'accès pour le démarrage de la recharge
- Possibilité de facturation directe aux utilisateurs et utilisatrices
- Données sur la recharge : identification de l'utilisateur ou de l'utilisatrice, durée de la recharge, temps passé à la borne pendant ou après la recharge, puissance, énergie, état de charge à l'arrivée et au départ

Critères d'approvisionnement

- Prix et disponibilité à l'achat
- Disponibilité des pièces en cas de bris

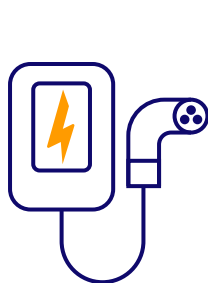
6. Concrètement, il est très difficile d'y parvenir à l'heure actuelle, malgré la compatibilité avec cette norme.

5. Sélection des bornes

5.4 Prix des bornes et subventions

5.4.1 BORNES DE NIVEAU 2

Le prix des bornes de niveau 2 varie selon les fonctionnalités et la puissance offertes.



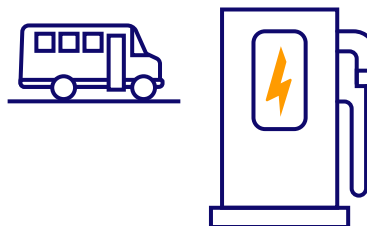
On peut les regrouper sommairement en quatre gammes :

Bornes simples, principalement destinées au marché résidentiel

Coût : de 500 à 1000 \$

Bornes communicantes avec contrôle d'accès et possibilité de partage de la puissance

Coût : de 3 000 \$ à 5 000 \$



Bornes communicantes offrant le verrouillage anti-vandalisme du pistolet et permettant la facturation du temps de recharge directement à l'utilisateur ou utilisatrice. Certaines bornes sont même dotées d'une fonction de création de file d'attente et de réservation.

Coût : 6 000 \$ et plus

Bornes de niveau 2 haute puissance (19,2 kW). Cette nouvelle génération de bornes vient de faire son entrée sur le marché. Ces bornes sont destinées aux clients commerciaux possédant des véhicules dont le chargeur embarqué permet une puissance élevée sur le niveau 2.

Coût : de 7 000 \$ à 10 000 \$

5. Sélection des bornes

On estime grossièrement que les coûts d'installation **d'une borne en contexte commercial équivalent environ à son coût d'achat**. En effet, la réalisation de travaux légers pour l'acheminement des câbles et leur installation, l'excavation légère, l'installation de panneaux de signalisation, le traçage au sol, la mise en place de bornes de protection ou bollards et la mise à niveau des équipements électriques peuvent coûter quelques milliers de dollars par borne.



Les bornes de niveau 2 sont admissibles au programme Remboursement pour une borne au travail du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN), qui peut **rembourser jusqu'à 50 % des dépenses admissibles (achat et installation)**, à hauteur de 5 000 \$ par connecteur.

5.4.2 BORNES DE RECHARGE À COURANT CONTINU (BRCC)

Les bornes de recharge à courant continu (BRCC) sont beaucoup plus dispendieuses que les bornes de recharge de niveau 2. Les prix augmentent exponentiellement en fonction de la puissance, mais également en fonction des caractéristiques offertes, telles que les possibilités de mise en réseau pour le partage de la puissance ou encore de mise à niveau ultérieure par l'ajout de composantes. Certaines bornes rechargent les véhicules à une tension avoisinant les 500 VCC, voire 1000 VCC. Il importe de connaître la puissance que la borne peut offrir à chaque niveau de tension ainsi que la limite en courant (A)

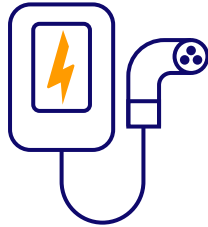
des câbles de recharge. Certains câbles de haute puissance sont refroidis par du liquide pour y permettre la circulation de courants élevés. La présence d'un tel système de refroidissement complexifie cependant le plan d'entretien.

Bien que certaines bornes offrent une tension de plus de 800 VCC, bien peu de véhicules sont actuellement conçus pour accepter une telle tension. La puissance de recharge est limitée par la plus faible des tensions du système (soit celle du véhicule ou celle de la borne) et par la limite de courant des câbles, selon la formule suivante :

$$\text{Puissance (W)} = \text{Tension (V)} \times \text{Courant (A)}$$

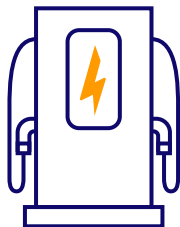
5. Sélection des bornes

Voici le principaux types de BRCC :



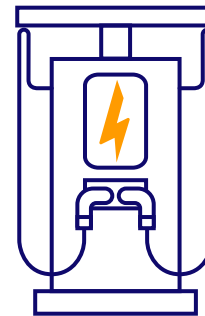
BRCC 25 kW

Borne d'une puissance avoisinant les 25 kW et pouvant être raccordée au 240 V monophasé ou au 208 V d'une alimentation triphasée. Elle coûte entre 10 000 \$ et 20 000 \$.



BRCC 50 kW

Les BRCC de 50 kW sont les plus communes. Elles coûtent plus de 35 000 \$, mais il est possible que les frais associés au plan de service et d'entretien minimal fassent grimper la facture au-delà de 40 000 \$.



BRCC de haute puissance (150-350 kW)

Ces bornes font actuellement leur apparition sur les réseaux de recharge publics au Québec. Elles conviennent pour des arrêts rapides et ponctuels sur un long trajet. Toutefois, leurs coûts d'installation et d'exploitation sont très élevés. Dans un parc de bornes privées en entreprise, le but est de minimiser la puissance requise pour remplir les besoins du parc afin que les coûts en énergie demeurent faibles (comme l'explique la section 14). Ainsi, de telles bornes ne sont conseillées que pour les véhicules et les applications qui nécessitent une telle puissance (p. ex., pour faire passer l'état de charge d'un véhicule lourd de 10 % à 80 % pendant une pause-dîner).

Ces BRCC coûtent plus de 70 000 \$, et les frais minimaux associés à la maintenance peuvent faire grimper la facture au-delà de 80 000 \$.

Par ailleurs, la règle générale selon laquelle les coûts d'installation d'une borne commerciale peuvent équivaloir à environ son coût d'achat s'applique également aux BRCC.

En effet, les BRCC doivent généralement être raccordées à une alimentation triphasée. Il est ainsi très fréquent de devoir ajouter des équipements de distribution électrique (dispositifs de protection, de sectionnement, de transformation, etc). Ces bornes doivent aussi reposer le plus souvent sur une dalle de béton, ce qui demande des travaux de fabrication et d'installation additionnels. Les travaux de planification, de conception et de mise en place de l'infrastructure doivent être confiés à des professionnels ou professionnelles reconnus, comme un cabinet de génie-conseil ou un entrepreneur-électricienne ou une entrepreneuse-électricienne.

5. Sélection des bornes



Il existe des subventions et des programmes destinés à favoriser l'implantation des BRCC dans les entreprises, dont le programme Transportez vert, qui comprend un volet pour ces types de bornes. Les montants maximaux accordés varient suivant la puissance de la borne choisie. En 2021, la subvention couvrait **50 % des dépenses admissibles** (achat et installation). De plus, le plafond pour une borne de moins de 50 kW était de 15 000 \$, alors qu'il était de 60 000 \$ pour une borne de 50 kW ou plus.

Il y a également des programmes spéciaux, tels que des projets pilotes menés par divers paliers de gouvernement, qui voient régulièrement le jour pour une durée déterminée.



Il vous incombe de vous informer sur la validité des renseignements ci-dessus, car les programmes de subventions sont de nature changeante. Ils visent à favoriser l'adoption de véhicules électriques répondant aux besoins de l'industrie, lesquels sont également en constante évolution.

5.5 Maintenance et durée de vie

5.5.1 BORNES DE NIVEAU 2

Les bornes de niveau 2 demandent relativement peu d'entretien, lequel se résume le plus souvent à vérifier périodiquement le bon état des câbles et des pistolets. Toutefois, plus la borne comporte de fonctionnalités, plus elle risque de causer des problèmes. Par exemple, le bon fonctionnement d'une borne communicante est dépendant de la qualité du réseau de communication auquel elle est connectée.

Le même principe s'applique pour la durée de vie utile des bornes. Généralement, plus leur conception est simple, plus elles sont durables. Les matériaux du boîtier jouent aussi un rôle dans leur longévité. Une borne de niveau 2 devrait raisonnablement avoir une durée de vie de 10 ans.

5.5.2 BORNES DE RECHARGE À COURANT CONTINU (BRCC)

Les BRCC demandent plus d'entretien que les bornes de niveau 2, car elles sont équipées d'un système de refroidissement et de composants électroniques de puissance. Les modèles refroidis à l'air sont équipés de filtres qu'il faut nettoyer régulièrement et les modules de puissance doivent être remplacés périodiquement. Comme pour les bornes de niveau 2, les pistolets et les câbles doivent faire l'objet d'une inspection régulière.

Il est recommandé d'évaluer soigneusement les options de garantie, de maintenance préventive et de soutien technique ainsi que la disponibilité des pièces et du service, tant du côté du fournisseur que de celui du distributeur.

La durée de vie utile estimée d'une BRCC est de 5 à 10 ans et dépend de différents facteurs :

- le type d'utilisation de la borne – utilisation occasionnelle pour la recharge d'appoint, utilisation normale selon les paramètres du fabricant, utilisation intensive dans un contexte commercial, etc. ;
- les conditions d'exploitation de la borne – installation à l'intérieur ou à l'extérieur, milieu salin, etc. ;
- la qualité et la fréquence de l'entretien.

5.6 Choix du distributeur

La sélection du distributeur de bornes doit reposer sur les prix, mais aussi sur le niveau de soutien que ce dernier sera en mesure d'offrir sur la durée de vie des bornes, c'est-à-dire sur :

- la disponibilité des pièces en cas de bris ;
- la rapidité du service de réparation ou de remplacement en cas de bris ;
- la possibilité d'inclure des clauses de délai de réparation garanti ou encore de stockage de pièces de rechange ;
- la possibilité d'offrir un plan de suivi et de détection des problèmes à distance ;
- la possibilité d'offrir un plan d'entretien clés en main.

Comme les bornes constituent la source d'énergie indispensable au fonctionnement des véhicules, il est essentiel de pouvoir régler les bris ou les pannes de borne dans des délais minimaux.

Il arrive que le distributeur de bornes porte aussi le chapeau d'entrepreneur responsable des travaux d'implantation ou qu'il soit également le fabricant des bornes.

6. Taille du parc de bornes

Maintenant que sont établis les besoins en énergie et en puissance de chaque véhicule ainsi que les types de bornes et les coûts d'achat, il faut considérer l'ensemble du parc de véhicules pour établir la stratégie globale de recharge.

6.1 Nombre de bornes de niveau 2

Pour la majorité des parcs de véhicules, une stratégie de base consiste à installer une borne de niveau 2 pour chaque véhicule, qu'il s'agisse d'un véhicule léger ou lourd. De cette façon, il est possible de préchauffer tous les véhicules le matin, avant le départ, afin de maximiser l'autonomie. L'efficacité et la fiabilité de cette approche ont déjà été éprouvées.

Toutefois, si la taille du parc est importante, cette stratégie pourrait entraîner des coûts élevés, puisque la puissance devient un enjeu. Ainsi, de petites modifications à la stratégie de base, telles que l'installation d'une paire de bornes par disjoncteur se partageant la puissance ou encore l'installation de bornes doubles, pourraient se montrer avantageuses. Les méthodes de gestion de puissance sont expliquées plus en détail à la section 14.

6.2 Nombre de BRCC

Si les calculs de puissance minimale montrent qu'une BRCC serait nécessaire, il faut savoir que l'implantation de bornes de recharge rapide est un projet beaucoup plus complexe et coûteux que le déploiement de bornes de niveau 2.

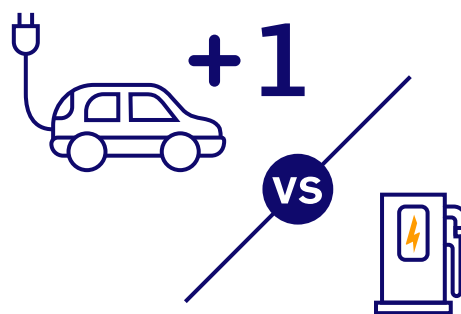
Ainsi, il est pertinent d'estimer le taux d'utilisation projeté des BRCC. Dans l'élaboration de la stratégie de recharge, si la BRCC n'est utilisée qu'à l'occasion, soit en cas d'urgence ou de journée atypique, il est sans doute plus avantageux de repérer la BRCC publique la plus près du dépôt de véhicules et de s'y recharger à 12,08 \$/h⁷. Cette stratégie décharge complètement l'entreprise des enjeux d'implantation et de possession d'une BRCC (voir la section 6.3).

Si la stratégie de recharge doit reposer sur un usage quotidien de BRCC et que leur implantation

est absolument requise, il faut alors bien réfléchir au nombre de bornes à planter. L'objectif est d'élaborer un scénario où les véhicules nécessitant une BRCC ne se rechargent pas tous en même temps, de manière qu'ils puissent utiliser les mêmes bornes et minimiser ainsi leur nombre. Par exemple, un parc de dix véhicules pourrait comporter quatre bornes doubles de niveau 2 et deux BRCC se partageant 50 kW.

Déployer une stratégie où tous les véhicules nécessitent une recharge rapide au même moment n'est pas conseillé. Les coûts en puissance, en infrastructure et en maintenance des bornes rendront difficile l'atteinte de la rentabilité par rapport à un parc de véhicules à essence.

L'achat, l'installation et l'exploitation d'une seule BRCC peuvent parfois coûter environ le même prix que l'achat et l'exploitation d'un véhicule. Ainsi, il peut être judicieux d'oser étudier des scénarios où un ou plusieurs véhicules électriques sont ajoutés au parc. Par exemple, si l'ajout d'un véhicule permet d'éliminer le besoin de recharge rapide, cette solution pourrait être plus facile à implanter et potentiellement moins coûteuse.



7. Taux horaire du Circuit électrique en 2021.

6.3 Réseaux publics en appoint

En complément des installations privées, qui devraient répondre à la majorité des besoins de recharge, les **réseaux publics, comptant plus de 6 000 bornes** au Québec, peuvent répondre aux besoins de recharge d'appoint. Tout porte à croire que les réseaux publics vont poursuivre leur expansion, suivant l'augmentation du nombre de véhicules électriques sur les routes. Les principaux réseaux actuellement déployés au Québec sont les suivants :

- le Circuit électrique;
- le réseau Flo du fabricant de bornes AddÉnergie;
- le réseau ChargePoint;
- le réseau Electrify Canada;
- le réseau de Petro-Canada;
- le réseau RechargEco;
- le réseau Tesla, réservé aux véhicules Tesla pour le moment.



Plusieurs sites Web et applications mobiles permettent de repérer les bornes publiques et de connaître leur état (libre, occupée, en panne, en construction, etc.), comme le Circuit électrique.

La plupart des recharges effectuées sur le réseau public sont facturées selon un tarif horaire, habituellement en fonction de la durée de raccordement. Par exemple, les recharges aux bornes du Circuit électrique d'Hydro-Québec sont facturées à la seconde. La majorité du temps, on doit posséder un compte auprès du réseau de bornes ainsi qu'une carte de membre ou une application mobile pour effectuer une recharge. Bien que les tarifs proposés diffèrent d'un réseau à l'autre, ils sont généralement plus élevés que ce qu'il en coûterait pour procéder à des recharges équivalentes sur des infrastructures privées.

Il est possible de créer des comptes d'entreprise pour les réseaux publics et de distribuer des cartes aux membres du personnel. Ainsi, la facturation est centralisée et la facture est envoyée directement à l'entreprise.

Certaines bornes publiques sont même gratuites et libres d'accès, quoique le droit à leur utilisation soit souvent conditionnel à la consommation de biens ou de services auprès du propriétaire de la borne. Par exemple, on trouve ce genre de bornes dans les stationnements de certains lieux d'hébergement, restaurants ou commerces.

6.4 Utilisation du parc de bornes par le personnel électromobiliste

Indépendamment de l'électrification du parc de véhicules, certains membres du personnel de l'entreprise possèdent probablement déjà ou posséderont prochainement des véhicules électriques. Le déploiement d'un parc de bornes pour le personnel est présenté en détail à la section 10.3.

6. Taille du parc de bornes

Dans certains cas, on pourrait donner une double fonction aux bornes afin de maximiser le nombre d'heures où elles sont en fonction et d'augmenter ainsi leur rentabilité.

Par exemple, des bornes de niveau 2 pourraient être utilisées par les véhicules personnels des employés et employées durant la journée, alors qu'ils ou elles travaillent au bureau et que les véhicules du parc sont sortis. Le soir venu, c'est alors au tour des véhicules du parc de se brancher aux bornes. De cette façon, les bornes sont utilisées jour et nuit, maximisant leur rentabilité.

Il est aussi possible d'imaginer un avenir proche où l'autonomie des véhicules personnels serait suffisamment grande pour qu'on n'ait plus à les recharger au travail chaque jour. À ce moment, les bornes réservées au personnel pourraient servir pour le parc, permettant d'y ajouter des véhicules sans nécessiter l'achat de bornes supplémentaires.



EXEMPLE :

Le gestionnaire d'un parc de taxis a constaté que la recharge de niveau 2 pendant la nuit et les pauses suffirait pour combler les besoins la majorité du temps. Des BRCC ont tout de même été prévues comme marge de sécurité et pour répondre aux besoins hivernaux des taxis. Bien que les BRCC publiques auraient pu être utilisées, l'entreprise préférerait gérer elle-même le prix de la recharge et disposer d'une infrastructure de recharge réservée à ses véhicules.

À un emplacement où les conducteurs et conductrices prennent régulièrement des pauses, deux bornes doubles de niveau 2 et deux BRCC ont été implantées. Ces bornes se situant dans un lieu public, la recharge doit être démarrée à l'aide d'une carte d'accès et les pistolets doivent être verrouillés pour empêcher le grand public de s'en servir. Pour faciliter la gestion de puissance, les deux types de bornes retenues sont procurés du même fournisseur, sont communicantes et pourraient éventuellement faire partie d'un réseau public.

Les coûts d'acquisition et d'installation de ce parc de bornes sont d'environ 270 000 \$. En plus des coûts d'implantation des bornes, ils comprennent les coûts prévus pour la mise en place d'armoires électriques extérieures pour le nouveau branchement électrique (compteur, tableaux de distribution, sectionneurs, transformateurs, etc.). De ce montant, plus du tiers peut être récupéré en subventions gouvernementales.

7. Coûts de la recharge

7.1 Fonctionnement de la facturation commerciale

Afin de budgétiser la recharge d'un parc de véhicules électriques au quotidien, il faut connaître les modalités du tarif d'Hydro-Québec associé au lieu où les bornes seront déployées. Étant donné que les tarifs sont nombreux et variés, il incombe aux gestionnaires de parc de se renseigner à leur propos.

La structure des tarifs pour les clients d'affaires d'Hydro-Québec diffère de celle pour les clients et clientes résidentiels. L'abonné commercial ou industriel paie pour l'énergie électrique qu'il a consommée, mais aussi pour la puissance demandée au réseau de distribution. Autrement dit, il paie pour la rapidité de livraison de l'énergie en plus de l'énergie elle-même. Un abonné nécessitant beaucoup d'énergie rapidement impose un fardeau supplémentaire au réseau, lequel doit pouvoir assurer ce débit, de même que celui de tous les autres clients du secteur.

Ainsi, le compteur électrique d'un client industriel est différent de celui que l'on retrouve dans les domiciles. Il comporte un dispositif de mesure de la puissance, qui enregistre à tout moment le débit de consommation d'énergie de la totalité des équipements.



POURQUOI LA PUISSANCE EST-ELLE FACTURÉE ?

Si l'électricité était remplacée par l'eau d'une ville, les clients commerciaux paieraient la quantité d'eau consommée, mais il y aurait également une composante de facturation sur le débit de consommation de sorte que la municipalité puisse acheter des tuyaux de plus gros diamètre et des pompes plus puissantes pour acheminer l'eau chez les clients qui demandent de gros débits.

La municipalité voudrait connaître le débit habituellement demandé, mais aussi mesurer le débit maximal, pour s'assurer de pouvoir bien servir tout le voisinage et que tous et toutes puissent avoir accès à un service sans faille même en cas d'utilisation maximale.

Au Québec, pour la majorité des clients d'affaires d'Hydro-Québec, la puissance maximale appelée durant l'année survient l'hiver. Ainsi, afin de niveler les coûts engendrés par l'**appel maximal de puissance du client durant l'année**, le concept de **puissance minimale à facturer** est utilisé. Il s'agit d'une valeur représentant un pourcentage de la puissance maximale appelée durant les mois d'hiver (p. ex., 65 % pour le tarif G). Même durant les cycles de facturation d'été, cette quantité minimale de puissance est facturée au client. Il s'agit en quelque sorte d'une valeur plancher. Or, celle-ci est établie à partir du pic le plus élevé de l'année, qui se produit généralement en hiver.

7. Coûts de la recharge

Voilà pourquoi il est essentiel de comprendre le portrait de la consommation électrique d'un bâtiment avant d'y ajouter des bornes. **Il faut éviter d'ajouter de la puissance de recharge à un pic de puissance existant, surtout l'hiver.** Autrement, l'abonné en paie les frais toute l'année, en raison d'une puissance minimale plus élevée qui lui est facturée. Les stratégies de réduction de la puissance sont détaillées à la section 14.

7.2 Attribution des tarifs

Les prix de l'énergie (kWh) et de la puissance (kW) varient d'un tarif à l'autre. Les tarifs sont basés sur des structures différentes de sorte que la facture de chaque client soit établie de la manière la plus juste possible. Pour y parvenir, Hydro-Québec tient compte de facteurs additionnels dans ses calculs afin de caractériser le profil de consommation.

Prenons l'exemple de deux clients ayant demandé un même niveau de puissance : le premier a appelé beaucoup de puissance pendant une seule journée du cycle et le second, des puissances élevées de manière régulière. Puisqu'ils n'ont pas le même « facteur d'utilisation », ce paramètre peut servir à attribuer un tarif à un client.

Un seul tarif est attribué par point de livraison de l'électricité. Ainsi, si les bornes s'ajoutent aux équipements déjà installés sur le branchement du bâtiment, l'énergie et la puissance de recharge seront facturées au même tarif que les autres charges.

Dans certains cas, si cela est techniquement possible et respecte les normes en vigueur, il peut être avantageux d'implanter un nouveau branchement réservé aux bornes de recharge, de manière à pouvoir bénéficier d'un tarif mieux adapté aux bornes que celui déjà en vigueur pour le bâtiment. Plus de détails à ce sujet sont présentés à la section 7.3.

Le processus d'attribution du tarif résulte d'une optimisation faite par Hydro-Québec. Par défaut, le tarif le plus avantageux est proposé au client. La mesure des différents facteurs associés à son profil de consommation sert à lui attribuer le tarif le mieux adapté.

Lors de l'installation d'un nouveau branchement, une période d'observation de six mois sert de base pour établir le tarif.

Si une entreprise installe de l'équipement entraînant un changement notable de son profil de consommation (p. ex., plusieurs bornes de recharge utilisées simultanément), cette situation pourra être détectée par Hydro-Québec. Si un changement de tarif peut se montrer avantageux, une lettre pourrait être envoyée à la personne responsable de l'abonnement au service d'électricité pour qu'elle puisse approuver ce changement.

7.3 Variations entre les tarifs

Les tarifs commerciaux les plus communs sont les tarifs G, M et G9. La facture associée à la recharge peut être très variable d'un tarif à l'autre.

Pour illustrer les différences entre les coûts d'exploitation d'un petit parc de véhicules électriques, imaginons un scénario où quatre véhicules consomment 60 kWh pour parcourir 300 km par jour chacun pendant 60 jours d'hiver. Ils se rechargent au moyen de quatre bornes de niveau 2 de 7 kW chacune, utilisées en même temps, sans gestion de puissance.

La consommation totale est donc de 14 400 kWh (soit 4 véhicules x 60 kWh x 60 jours) et la puissance requise pour les quatre bornes est de 28 kW. Ces quantités s'ajoutent à celles du bâtiment. La puissance appelée par la recharge s'ajoute donc à la puissance maximale déjà appelée par le bâtiment.

Par souci de simplification, considérons un mois d'hiver où la puissance de 28 kW pour la recharge s'ajoute au pic de puissance déjà appelé par le bâtiment (voir le tableau 2).

7. Coûts de la recharge

Tableau 2 – Comparaison des coûts d'exploitation d'un petit parc à trois tarifs différents

		Tarif G	Tarif M	Tarif G9
Description et modalités principales du tarif	Puissance	Petite puissance (< 65 kW) Ne s'applique pas à des BRCC.	Moyenne puissance (> 50 kW)	Moyenne puissance appelée et faible utilisation de la puissance
	Exemples de clients à ce tarif	• Bâtiment administratif de gestion d'un parc d'autobus • Dépanneur • Commerce de rue • Édifice commercial	• Centre commercial • Épicerie • Tour de bureaux • Garage d'entretien d'autobus	• Centre de ski • Golf • Usine
	Puissance minimale à facturer pour chaque cycle de deux mois (non prise en compte dans l'exemple)	65 % de la puissance appelée sur les cycles d'hiver	65 % de la puissance appelée sur les cycles d'hiver	75 % de la puissance appelée sur les cycles d'hiver
	Prix du kW (puissance)	0 \$/kW si ≤ 50 kW 17,87 \$/kW si > 50 kW	14,77 \$	4,29 \$
	Prix du kWh (énergie)	10,03 ¢ si ≤ 15 090 kWh 7,72 ¢ si > 15 090 kWh	5,10 ¢ si ≤ 210 000 kWh 3,78 ¢ si > 210 000 kWh	10,21 ¢
Calcul des coûts de la recharge	Coût de 28 kW additionnels	0 \$	413,56 \$	120,12 \$
	Coût de 14 400 kWh	1444,32 \$	734,40 \$	1470,24 \$
	Coût total	1444,32 \$	1147,96 \$	1590,36 \$
	Coût de l'énergie par kilomètre par véhicule	2,06 ¢/km	1,59 ¢/km	2,20 ¢/km

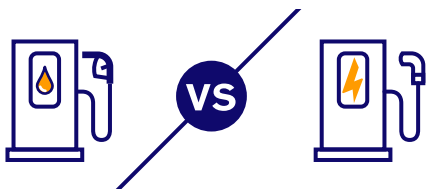
Remarque : Par souci de simplification, ce tableau omet volontairement certains détails de facturation. Toujours se référer à la documentation d'Hydro-Québec pour calculer les coûts.

7. Coûts de la recharge

Comme on peut le voir dans le tableau 2, la puissance coûte plus cher au tarif M qu'au tarif G9, mais l'énergie, au contraire, coûte moins cher. Cet exemple simplifié sert à illustrer la variation considérable dans les coûts de la recharge selon le tarif. Chaque cas est unique. Il incombe aux gestionnaires de projet d'électrification d'estimer adéquatement les coûts en fonction de la puissance déjà appelée par le bâtiment et de l'ajout de la puissance de recharge.

Rappelons qu'un véhicule léger à essence qui consomme 8 L/100 km coûte **10 ¢/km** ($8 \text{ L/100 km} \times 1,30 \text{ ¢/L} = 10,4 \text{ ¢/km}$).

L'électricité coûte **entre 1,6 et 2,2 ¢/km** selon les calculs de l'exemple précédent, soit une réduction de 80 % des coûts en énergie.



7.4 Tarif propre aux parcs de bornes

Depuis 2017, Hydro-Québec propose un **tarif expérimental mieux adapté au profil de consommation des exploitants de parcs de bornes de recharge rapide**. Ces exploitants ont typiquement une consommation en énergie relativement faible par rapport au pic de puissance appelée. Cela s'explique par le fait que les bornes demandent beaucoup de puissance, mais ne fonctionnent que sur de courtes périodes et ne sont pas sollicitées en continu.

Ce tarif expérimental, appelé **tarif BR**, est structuré de façon à ne pas facturer directement la puissance aux clients. L'énergie est plutôt divisée en trois tranches :

- **une première tranche, où la consommation est facturée à 11,18 ¢/kWh. Si la puissance appelée n'a pas dépassé 50 kW pour la période de facturation, toute l'énergie est facturée à ce prix;**
- **une deuxième tranche, plus coûteuse, où la consommation est facturée à 20,96 ¢/kWh. La proportion d'énergie facturée selon cette tranche dépend de la puissance maximale appelée sur la période. Elle est plafonnée par une limite qui dépend elle aussi de la puissance maximale appelée;**
- **une troisième tranche, où est facturée l'énergie excédentaire, à 16,48 ¢/kWh.**

Ainsi, la puissance n'est pas directement facturée en ¢/kW. Cela évite aux exploitants de parc de payer les frais de puissance élevée sur toute la période de consommation pour seulement quelques événements de puissance élevée. Il faut tout de même porter une attention particulière aux pics de puissance, car même à ce tarif avantageux pour les bornes, ils influent sur la facture.

Pour profiter de ce tarif, on doit s'assurer que le branchement est presque exclusivement réservé à l'alimentation de bornes de recharge. De plus, **il faut y raccorder au minimum une BRCC**. Des bornes de niveau 2 peuvent aussi y être raccordées, au même tarif. Il est possible d'y raccorder des charges autres que des bornes (comme un système d'éclairage), mais la puissance appelée par ces charges ne doit pas dépasser 10 kW.

Ce tarif nécessite l'installation d'un branchement réservé; pour en savoir plus à ce sujet, voir la section 13.2.

8. Facturation de la recharge

8.1 Facturation de la recharge à des clients ou clientes, ou à des personnes en visite

Lorsque les infrastructures de recharge ne sont pas utilisées par le personnel, il est possible de les mettre à la disposition des clients et des clientes ou des personnes en visite et d'ainsi possiblement générer des revenus. Au Québec, seules certaines entreprises ou sociétés sont autorisées à revendre de l'énergie électrique (dont Hydro-Québec). Toutefois, il est possible de vendre le temps de recharge comme un service. Plusieurs contextes sont envisageables :

- Si l'accès physique à la station de recharge est contrôlé, il serait possible de facturer la recharge aux utilisateurs et utilisatrices à l'entrée ou à la sortie du stationnement. Il faut alors mettre en place un mécanisme de facturation à la guérite, mais dans ce cas, tous les types de bornes doivent être compatibles avec le système de facturation.
- Si des bornes à contrôle d'accès sont déployées, les données relatives aux utilisateurs et utilisatrices seront connues par le système. Pour s'y recharger, on devra posséder un identifiant pouvant être lu sur une carte RFID ou sur un téléphone intelligent. Il sera possible de procéder à une rétrofacturation au moyen d'un système de comptabilité déjà en place dans l'entreprise. Pour les personnes en visite occasionnelle, on pourrait leur demander de se présenter à l'accueil pour se faire remettre une carte d'accès aux bornes. Les bornes à contrôle d'accès doivent être connectées à Internet et gérées au moyen d'un portail, dont les frais d'accès sont habituellement prévus dans un plan de gestion annuel proposé par le fabricant de bornes.
- Pour permettre la facturation de la recharge à quiconque n'a pas de carte d'accès, il faut déployer des bornes détectables par un réseau public. Celles-ci peuvent gérer la facturation directement depuis le compte de l'utilisateur ou de l'utilisatrice auprès du réseau qui est associé à une carte de crédit (comme le fait le réseau ChargePoint). Ces bornes, généralement plus complexes, sont équipées de dispositifs de verrouillage du pistolet, puisqu'elles sont souvent destinées aux villes ou aux endroits publics.

Finalement, comme les surcoûts d'un équipement doté d'un système de facturation de la recharge sont non négligeables, il est important de les évaluer en fonction du potentiel de revenus afin de valider la rentabilité d'une telle approche. Dans bien des cas, si la stratégie ne requiert pas de bornes sophistiquées, la solution la plus économique pourrait être de ne pas facturer la recharge aux clients et clientes et aux personnes en visite.

8.2 Facturation à l'interne

Au sein d'une moyenne ou grande entreprise, la gestion d'un parc de véhicules électriques appartenant à un service peut demander un peu plus d'effort que celle d'un parc de véhicules à essence sur le plan de la facturation et de la tenue de livres. Dans le cas des véhicules à essence, il est relativement simple de rembourser les factures d'essence ou encore de les acheminer au service interne approprié. Par contre, dans le cas des véhicules électriques, mis à part les recharges sur les réseaux publics, il n'y a pas de facture de recharge pouvant être soumise à la comptabilité aux fins de remboursement.

Si les véhicules se rechargent sur des bornes raccordées à l'installation électrique du bâtiment, les données de consommation du bâtiment et de tous les véhicules électriques seront agglomérées. Par défaut, les coûts de l'énergie des véhicules seront acheminés au service interne responsable de la gestion de l'énergie du bâtiment plutôt qu'à celui qui s'occupe des équipements roulants. Ainsi, afin de s'assurer que les coûts d'énergie sont assumés par les bons services, il est nécessaire de mettre en place une stratégie de facturation à l'interne.

8.2.1 COLLECTE DE DONNÉES SUR LA RECHARGE

Il faut tout d'abord avoir accès aux données sur l'énergie consommée. Bien que la puissance soit une composante importante du coût de la recharge, il est difficile de l'isoler et de la mesurer pour l'intégrer dans la facturation à l'interne. Il existe plusieurs moyens de connaître l'énergie consommée par les véhicules :

- **Bornes communicantes :** Les données sur l'énergie associées à chaque séance de recharge sont accessibles depuis le portail de gestion en ligne. Il n'est cependant pas possible de connaître l'identité du véhicule ou celle du conducteur ou de la conductrice.
- **Bornes communicantes avec authentification par carte ou téléphone intelligent :** Les données de recharge, triées par utilisateur ou utilisatrice, sont accessibles sur un portail en ligne.
- **Appareils de suivi télématique à bord des véhicules :** Si les véhicules sont équipés d'appareils télématiques adaptés aux véhicules électriques, les données de recharge sont disponibles.
- **Facture associée à un compteur réservé :** Si le parc de bornes est relié à un compteur électrique qui lui est réservé et qu'un seul service de l'entreprise utilise les bornes, la facture entière peut être transférée au service responsable des véhicules.
- **Approximation selon la consommation des véhicules et le kilométrage :** L'énergie consommée (et, par le fait même, l'énergie de recharge) peut être estimée en se basant sur la consommation moyenne affichée au tableau de bord et l'écart entre deux lectures de l'odomètre. Cette solution demande un relevé manuel et atteint rapidement une limite si les véhicules sont rechargés ailleurs qu'au dépôt.
- **Capteurs de courant :** Il est possible d'installer des capteurs de courant sur les câbles d'alimentation des bornes individuelles ou d'un groupe de bornes pour en connaître la consommation. Ce genre de capteurs n'est pas particulier au domaine des véhicules électriques. On s'en sert pour mesurer la consommation d'équipements industriels de tous genres. Cette méthode ne permet toutefois pas le tri par utilisateur ou utilisatrice.

8. Facturation de la recharge

8.2.2 ÉTABLISSEMENT DU PRIX À FACTURER

Une fois que l'on connaît la quantité d'énergie utilisée, il faut statuer sur le prix de la recharge. Encore une fois, le prix idéal varie selon le tarif d'électricité et le contexte. Une bonne stratégie consiste à établir un tarif interne pour la facturation de l'énergie uniquement et qui prévoit une marge pour couvrir le coût de la puissance et les frais d'administration interne.

Par exemple, si le coût de l'énergie fournie par Hydro-Québec est de 10 ¢/kWh et que l'entreprise veut gérer elle-même la facturation interne et couvrir le coût de la puissance additionnelle occasionnée par les bornes, elle pourrait statuer sur un tarif interne de 15 ¢/kWh.

8.3 Remboursement de la recharge à domicile

Tout comme pour la facturation à l'interne, rembourser l'énergie de recharge à domicile est plus complexe que de rembourser les factures d'essence du personnel. Il faut mettre en place une nouvelle politique dans l'entreprise.

La recharge de véhicules commerciaux légers à domicile est envisageable, ce qui est moins le cas pour les véhicules moyens ou lourds, dont la recharge à domicile amène une facturation beaucoup plus complexe. En effet, au tarif résidentiel le plus commun (tarif D), Hydro-Québec accepte une puissance maximale de 10 kW pour des équipements électriques installés à des fins autres que l'habitation. Ainsi, envisager une recharge de niveau 2 de haute puissance, ou encore une recharge en courant continu, entraînerait un changement de tarif et la nécessité d'installer un branchement réservé à la recharge. Comme les gros véhicules requièrent souvent une puissance de recharge élevée, la recharge à domicile est moins appropriée.

Le personnel et l'employeur doivent convenir d'un remboursement acceptable.

Le remboursement mensuel du forfait cellulaire d'un employé ou d'une employée peut constituer une plus grosse dépense pour l'entreprise que le remboursement de la recharge du véhicule électrique léger à domicile.

Ainsi, une **solution simple et efficace consiste à offrir un crédit mensuel fixe**, basé sur le kilométrage estimé.

Autrement, un remboursement au kilomètre pourrait être envisagé.

8.4 Obtention des données sur la recharge

Si les politiques de l'entreprise exigent une méthode basée sur l'utilisation réelle, il faut alors se rabattre sur des méthodes plus complexes dont celles-ci, mais qui peuvent soulever d'autres enjeux :

- **L'implantation d'appareils télématiques à bord des véhicules et l'utilisation des fonctions de géorepérage pour repérer les recharges ayant eu lieu à domicile et connaître la quantité d'énergie qui leur est associée. Cette méthode implique un suivi par GPS en tout temps des véhicules de fonction du personnel.**
- **Le déploiement de bornes communicantes chez le personnel et l'autorisation d'accès au portail de gestion. Cette stratégie ne permet toutefois pas de vérifier si le véhicule en recharge est un véhicule d'entreprise ou un véhicule personnel. Autrement dit, selon cette approche, les recharges d'une personne possédant à la fois un véhicule électrique personnel et un véhicule électrique fourni par l'employeur seront agglomérées. De plus, le personnel possédant déjà une borne à domicile devra changer de borne si cette solution est adoptée.**

9. Aménagement du stationnement

Pour incorporer les bornes projetées dans le plan d'aménagement du stationnement, on doit réfléchir à plusieurs aspects. Tout d'abord, l'emplacement idéal des bornes sera dicté par la configuration du bâtiment et de l'installation électrique. Il sera ensuite établi par rapport à la disposition des cases de stationnement et aux caractéristiques des véhicules.

9.1 Emplacement des bornes par rapport au bâtiment

Les bornes du parc peuvent se raccorder au branchement actuel du bâtiment ou encore à un branchement distinct. Une évaluation de la puissance disponible au branchement peut être faite par un ou une spécialiste pour déterminer le nombre de bornes pouvant y être raccordées selon leur puissance. Si la puissance totale des bornes à installer dépasse la capacité résiduelle du branchement, il est possible de mettre en place des stratégies de partage de puissance afin de limiter en tout temps la puissance appelée. Si la puissance requise est trop grande, il reste à modifier le branchement existant ou à demander un nouveau branchement. Cette dernière option est toutefois assujettie aux exigences du *Code de construction du Québec, chapitre V – Électricité*, qui fixe une limite d'un seul branchement à une tension donnée (en volts) par bâtiment.

Dans le cas d'un raccordement effectué au point de branchement existant du bâtiment dans le but de réduire les coûts d'installation, il est impératif de minimiser la distance entre la salle électrique et les bornes. Aussi, il est conseillé de ne pas implanter de bornes du côté du stationnement opposé au bâtiment si elles doivent être raccordées à ce dernier, car ce genre d'installation nécessite souvent des travaux d'excavation et de réasphaltage. Pour réduire le coût des travaux, il faut réduire au minimum le creusage de tranchées, en particulier dans l'asphalte.

Si les bornes du parc sont raccordées à un nouveau branchement, il est alors préférable de prévoir l'installation des transformateurs, des compteurs et des autres équipements à l'extérieur, près de l'arrivée du câblage haute tension qui relie le bâtiment aux lignes électriques d'Hydro-Québec. Encore une fois, il est suggéré de minimiser la distance entre les bornes et ces équipements.

9.2 Dénéigement

Le déneigement est à prendre en considération lors de l'élaboration du plan d'aménagement. Souvent, des bornes de protection (bollards) sont installées entre les cases de stationnement et les bornes pour ne pas risquer d'endommager ces dernières. Également, l'emplacement doit pouvoir être déneigé facilement et ne doit pas servir de dépôt à neige. Il est à noter que les opérations de déneigement endommagent très souvent des bornes et des câbles.

9.3 Accès aux personnes à mobilité réduite

Si les bornes doivent être accessibles aux personnes à mobilité réduite, leur installation doit respecter les normes de conception sans obstacle (NCSA) énoncées dans le *Code de construction du Québec, chapitre I – Bâtiment*. Les types de bâtiments exclus de ces exigences y sont également listés.

9.4 Installation intérieure ou extérieure

Si le contexte le permet, les bornes de recharge peuvent être installées à l'intérieur, afin d'abaisser potentiellement les coûts d'installation. De plus, la recharge y est plus efficace et le véhicule consomme moins d'énergie pour se réchauffer en hiver lors des premiers kilomètres parcourus à la sortie du garage.

Si l'installation extérieure est la seule option, il est recommandé de choisir un emplacement bien éclairé, pour éviter l'ajout de lampadaires ou d'éclairage additionnel. Certains fabricants de bornes vont même jusqu'à recommander que les bornes soient abritées des intempéries, du soleil plombant et de la sève des arbres.



9.5 Emplacement des bornes par rapport aux cases de stationnement

Une bonne pratique est d'installer les bornes entre deux cases de stationnement. La longueur de câble standard de 7,62 m (25 pi) permet de rejoindre le port de recharge du véhicule même s'il se trouve du côté opposé à la borne ou s'il est placé à l'avant du véhicule. Les bornes sont généralement installées sur des piédestaux ou encore sur un mur. Ainsi, si les véhicules se stationnent en marche arrière et que leur port de recharge est situé à l'avant du véhicule, une certaine longueur de câble sera requise pour atteindre le port.

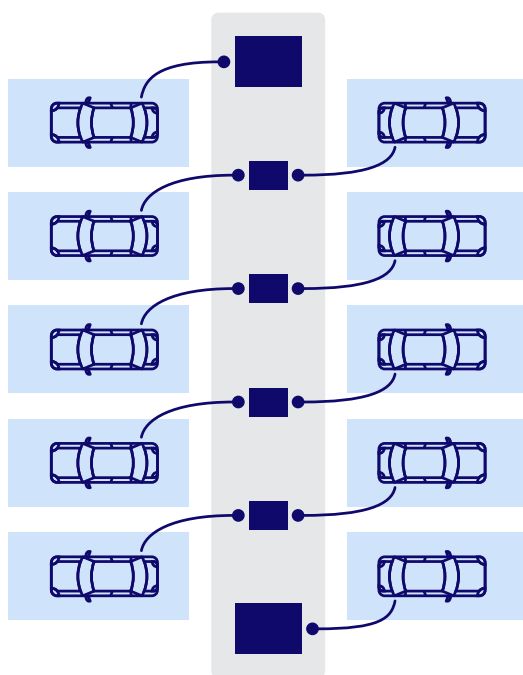
Il est avantageux de disposer les bornes de telle sorte que la recharge soit possible à partir d'au moins deux cases de stationnement adjacentes. Ainsi, on n'a pas à déplacer un véhicule dont la recharge est terminée pour recharger un autre véhicule à la même borne. On n'a qu'à stationner celui-ci dans la case voisine. Si l'installation de bornes sur une saillie entre deux rangées de véhicules est possible, la même borne peut être accessible à quatre véhicules.

9. Aménagement du stationnement

Dans le cas de longs véhicules ou encore pour utiliser des bornes de plus haute puissance (dont le câble est généralement plus court), l'aménagement doit tenir compte de la configuration des véhicules et de celle des bornes. Le rayon de braquage de longs véhicules, qui est plus grand, doit être pris en compte pour évaluer leur facilité à se stationner correctement en vue d'une recharge.

La figure 9 présente un exemple d'aménagement pour quatre bornes doubles de niveau 2 et deux BRCC. La configuration en îlot maximise le nombre de cases de stationnement ayant accès aux bornes.

Figure 9 – Exemple d'aménagement de bornes mixtes

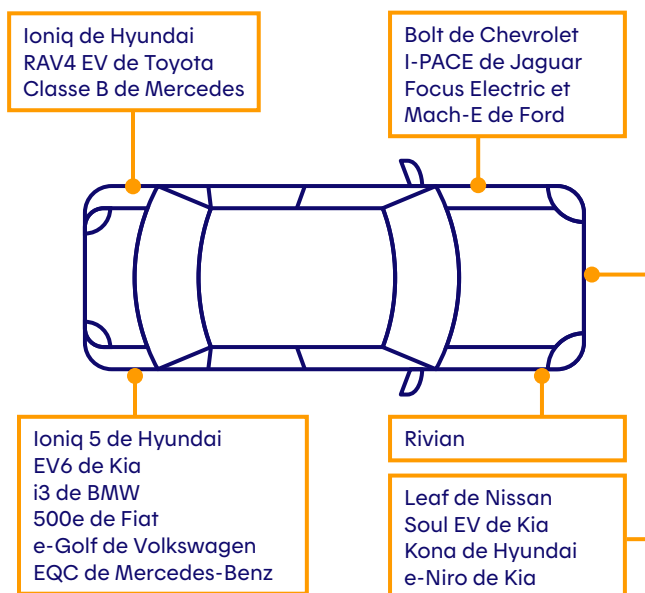


9.6 Considérations relatives au véhicule

Lors de l'étape d'aménagement de la station de recharge, il est important de considérer plusieurs aspects spécifiques aux véhicules qui utiliseront les infrastructures :

- **Les types de véhicules – Les dimensions (longueur, largeur, hauteur) des véhicules légers sont évidemment très différentes de celles des véhicules lourds. Également, le rayon de braquage est particulier à chaque véhicule et peut avoir une incidence sur la capacité de ce dernier à pouvoir se stationner correctement en vue d'une recharge. La hauteur du véhicule peut influencer le projet d'aménagement si l'on prévoit d'installer un toit au-dessus des bornes pour les protéger des intempéries et éviter d'avoir à les déneiger.**
- **L'emplacement du port de recharge sur les véhicules – Le port de recharge du véhicule se trouve à différents endroits selon la marque, le modèle et le type de véhicule. La figure 10 illustre quelques exemples de position du port de recharge sur certains véhicules légers (liste non exhaustive).**

Figure 10 – Position du port de recharge sur certains véhicules légers

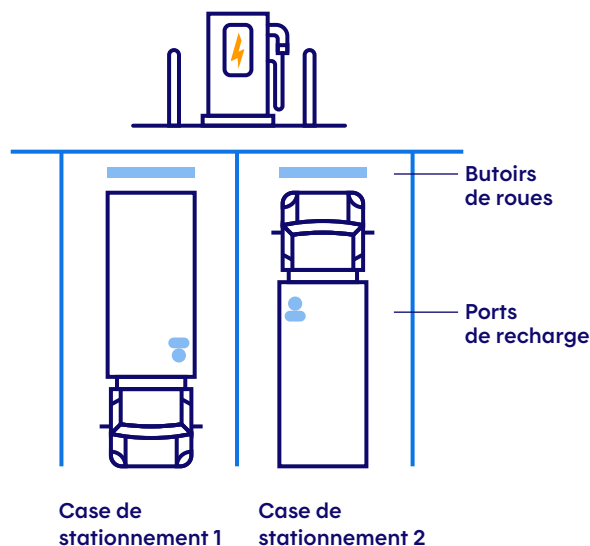


9. Aménagement du stationnement

Les véhicules avec remorque qui ne peuvent se stationner dans tous les axes demandent une conception adaptée.

Pour les camions lourds électriques, par exemple, ces éléments sont cruciaux. La figure 11 présentent un exemple d'aménagement si le stationnement en marche avant ou arrière est toléré.

Figure 11 – Exemple d'aménagement permettant le stationnement en marche avant ou arrière



9.7 Besoins de communication des bornes

Les bornes communicantes peuvent offrir différentes fonctions de télécommunications. Les besoins de connectivité varient selon le constructeur et le modèle.

Certains modèles sont équipés d'émetteurs compatibles avec les réseaux de téléphonie cellulaire (3G) et n'exigent pas d'infrastructure additionnelle, tandis que d'autres nécessitent un réseau local sans fil (par protocole de communication ZigBee, par exemple), ce qui impose une sélection judicieuse de l'emplacement des bornes et des passerelles de communication. Certaines bornes peuvent également se connecter sur un réseau Wi-Fi, auquel cas il faut possiblement prévoir l'installation de routeurs ou de répéteurs pour améliorer la couverture réseau dans le stationnement.

D'autres bornes communiquent par un lien filaire (p. ex., un réseau Ethernet à paires torsadées ou à fibre optique). L'acheminement de la communication doit alors être intégré à la planification de l'aménagement.

10. Anticipation des besoins futurs

L'avènement des véhicules électriques au sein des parcs est un phénomène relativement récent. Cela s'explique par l'évolution marquée de la technologie des véhicules électriques entre 2010 et 2020. Désormais, l'autonomie, le prix, la capacité de chargement des véhicules et leur disponibilité rendent les projets de transition électrique viables dans plusieurs contextes.

Cette technologie continue d'évoluer. Il est donc tout à fait normal pour un ou une gestionnaire de parc de se questionner concernant l'adéquation de son plan de déploiement de bornes par rapport aux technologies des véhicules qui constitueront son parc.

Bien qu'il soit difficile d'anticiper avec précision les améliorations techniques, les éléments suivants sont à considérer pour qu'un déploiement de bornes soit viable à long terme.

10.1 Puissance croissante des bornes

L'offre de bornes se diversifie de plus en plus. Certaines bornes de recharge de niveau 2 peuvent désormais offrir une puissance de 19,2 kW. Les bornes de recharge rapide les plus avancées permettent d'atteindre 350 kW.

Il peut être invitant de conclure qu'une puissance de recharge plus rapide est toujours souhaitable pour exploiter un parc de véhicules. Toutefois, comme il est mentionné précédemment, la puissance est une composante très importante de la facturation. Plusieurs entreprises adoptent d'ailleurs des stratégies de gestion de la puissance s'appliquant au bâtiment ou au parc de bornes afin de mieux contrôler les coûts d'électricité. L'objectif étant de **minimiser la puissance requise tout en répondant aux besoins du parc**, choisir inutilement des bornes de haute puissance pourrait s'avérer contre-productif.

De plus, les gains associés à une augmentation de la puissance sont moins impressionnants que les fiches techniques des bornes ne pourraient le laisser présumer. En effet, une combinaison borne-véhicule permettant la recharge à 100 kW ne donnera pas une recharge deux fois plus rapide qu'une borne de 50 kW. La puissance effective d'une séance de recharge dépend de plusieurs facteurs, mentionnés à la section 5.2.

10.2 Stratégie relative à la croissance du nombre de bornes

Avec l'avènement des nouvelles technologies véhiculaires, la baisse des coûts d'acquisition des véhicules électriques et l'ajout de modèles adaptés aux besoins des parcs commerciaux, le nombre de véhicules électriques dans les parcs commerciaux est appelé à s'accroître dans les prochaines années.

Ainsi, il est tout à fait réaliste de croire que le nombre de bornes devra lui aussi augmenter. Voici quelques stratégies qu'il est sage d'adopter.

10.2.1 DÈS LA PREMIÈRE PHASE DU DÉPLOIEMENT

Une stratégie éprouvée est de **prévoir l'installation de conduits ou même de câblage en vue de faciliter l'ajout de bornes au besoin**. Il peut s'avérer judicieux de surdimensionner les conduits pour y ajouter éventuellement des câbles.

Tous les travaux de génie civil, d'excavation, d'asphaltage ou d'aménagement du stationnement devraient être réalisés dès la première phase du déploiement.

10.2.2 AU FUR ET À MESURE

De manière générale, il est conseillé de **ne pas engager de travaux majeurs de mise à niveau électrique** en prévision d'une expansion à long terme du parc de véhicules électriques si ces travaux ne sont pas requis pour la première phase. En effet, il est relativement facile d'ajouter ou de modifier l'infrastructure électrique au moment opportun, lors du déploiement de bornes additionnelles. Toutefois, il est beaucoup moins aisé de procéder de nouveau à une excavation et à un réasphaltage du stationnement.

Les travaux d'expansion de l'installation électrique, quant à eux, peuvent être réalisés au fur et à mesure, suivant les recommandations d'un entrepreneur-électricien ou d'une entrepreneuse-électricienne.

10. Anticipation des besoins futurs

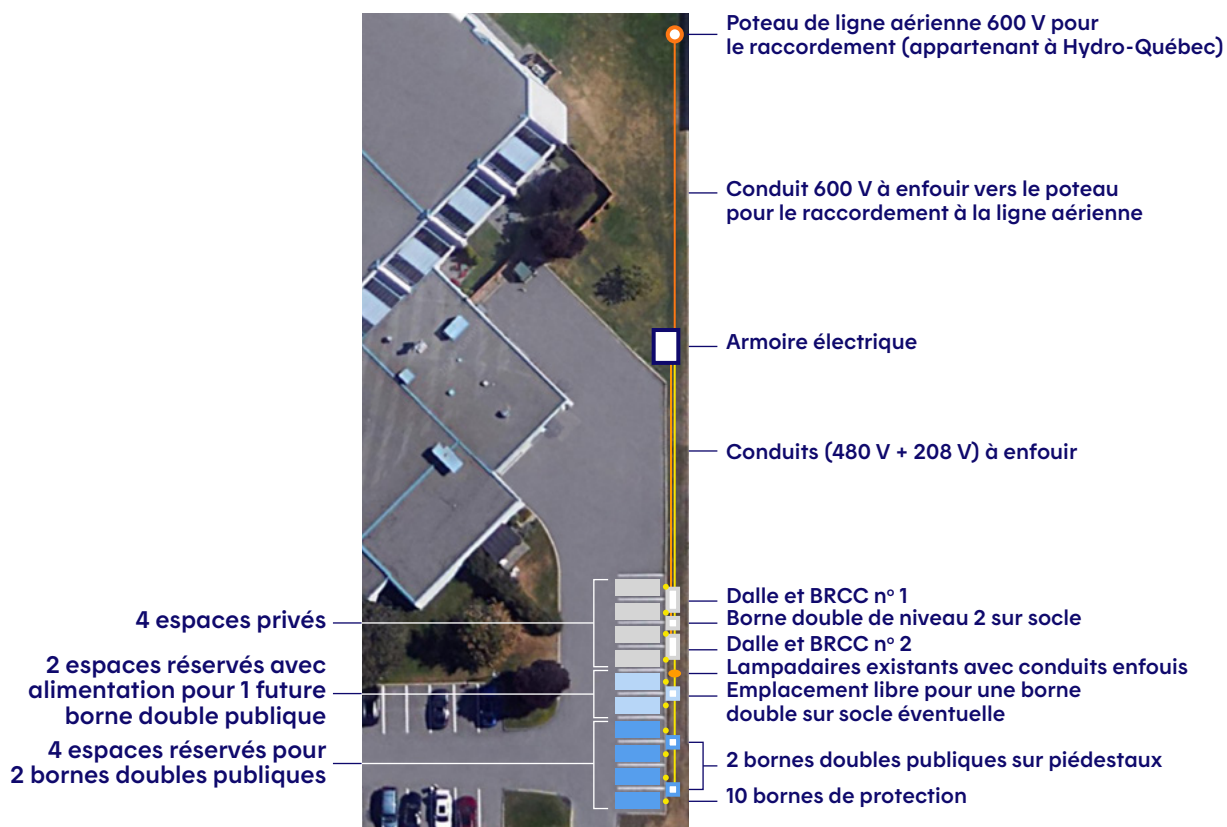


EXEMPLE :

Un parc de bornes pour les taxis s'est déployé sur un nouveau branchement électrique (voir la figure 12). Il comprend des BRCC, des bornes privées et des bornes publiques sur le réseau du Circuit électrique. Comme l'entreprise désirait demeurer flexible et minimiser ses dépenses futures, elle a prévu l'installation de réceptacles en béton supplémentaires, coulés autour de conduits vides. D'éventuelles bornes pourront ainsi être vissées en place sur les réceptacles et raccordées sans que l'on doive faire appel à des professionnels ou professionnelles autres qu'un électricien ou une électricienne.

Également, l'emplacement a été stratégiquement choisi pour que la tranchée soit exclusivement creusée dans la pelouse sur le côté du bâtiment.

Figure 12 – Exemple de parc de bornes pour les taxis



10.3 Bornes pour le personnel électromobiliste

Au Québec, en 2021, 2 % des automobiles et camions légers personnels étaient électriques, soit 100 000 véhicules électriques. Toutefois, le gouvernement estime qu'en 2030, le nombre de ces véhicules au Québec s'élèvera à 1,5 million. En 2035, la vente de véhicules à essence sera interdite. Les programmes de subventions actuels pour l'implantation de bornes de recharge sont très intéressants et méritent d'être exploités.

En 2021, le programme Roulez vert du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN)⁸ comprenait un volet « Remboursement pour une borne au travail », qui, au moment de publier ce guide, subventionne l'achat et l'installation des bornes de niveau 1 ou 2 en milieu de travail à hauteur de 50 % des dépenses admissibles, jusqu'à un maximum de :

- 5 000 \$ par borne de recharge sans fil;
- 5 000 \$ par connecteur (pour une borne munie de plusieurs connecteurs).

Le site Web du programme contient une liste des bornes de recharge admissibles.

Il peut être judicieux d'établir le plan de déploiement de bornes pour le personnel en même temps que celui pour les bornes du parc de véhicules. En combinant l'achat et l'installation des bornes réservées au personnel et de celles réservées au parc, il est possible d'obtenir des économies d'échelle auprès des fournisseurs.

La mise en place de bornes pour le personnel peut être un projet simple et relativement peu coûteux, ou alors très complexe, suivant les choix de l'entreprise et la capacité des installations électriques existantes.

Pour un bâtiment disposant d'une bonne capacité électrique et d'un tableau de distribution non saturé, des bornes de niveau 2 sans contrôle d'accès et non communicantes peuvent coûter environ 2 000 \$ en achat et installation. Ainsi, pour cinq bornes, la facture pourrait monter à environ 10 000 \$, duquel peut être soustraite la subvention provinciale de 5 000 \$ (soit 50 % des coûts d'achat et d'installation de chaque borne).

Pour une entreprise désirant implanter des bornes communicantes avec contrôle d'accès et une gestion de la puissance, mais dont l'infrastructure électrique existante est suffisante, les coûts d'achat et d'installation par borne peuvent avoisiner 6 000 \$.

Si l'infrastructure est à mettre à niveau, les coûts d'implantation sont très variables, mais pourraient atteindre 12 000 \$ par borne.

8. Voir le site Web du programme Roulez vert, au <https://vehiculeselectriques.gouv.qc.ca/rabais/travail/programme-remboursement-borne-recharge-travail.asp>.

11. Engagement et participation du personnel

Afin de réussir une transition vers le transport électrique, il est essentiel d'inviter les utilisateurs et utilisatrices à participer au projet dès ses débuts. Les impliquer dans le processus de planification de la recharge est une manière de s'assurer qu'ils et elles comprennent davantage les choix effectués et adhèrent mieux aux changements à venir. Leurs points de vue, préférences et habitudes pourraient influencer l'aménagement du site ou les horaires de recharge.



EXEMPLE :

Lors de la sélection des emplacements pour la recharge, les conducteurs et conductrices d'un parc de taxis ont été sondés pour connaître leurs préférences quant aux endroits où ils ou elles préféreraient s'arrêter pour une recharge sur le territoire desservi. Combinées aux données de déplacement des véhicules, leurs réponses ont permis de choisir des emplacements stratégiques parmi ceux où le parc de taxis a de l'emprise.

Même si la majorité des utilisateurs et utilisatrices de véhicules et de bornes sont généralement enthousiastes à l'idée de ces changements, ceux-ci peuvent faire surgir certaines réticences. Appréhendez de la résistance et même de l'opposition, comme pour tout changement organisationnel, et vous serez ainsi prêt à accompagner les utilisateurs et utilisatrices dans la gestion du changement, notamment en leur offrant des formations adaptées à leurs craintes ou objections.

L'adhésion du personnel est au cœur de la réussite du projet d'électrification d'un parc de véhicules. Une fois les bornes implantées, son implication au quotidien sera minimale, mais essentielle. Il n'aura qu'à brancher le véhicule chaque fois qu'il sera stationné au dépôt.

12. Optimisation de la stratégie d'électrification

À cette étape, compte tenu des renseignements recueillis sur les besoins de recharge, les types de bornes nécessaires et les enjeux associés à chacun d'eux, la réflexion sur la stratégie de recharge devrait être déjà bien amorcée.

Si les considérations énumérées jusqu'à présent mènent à une solution non viable, trop complexe ou trop dispendieuse, il est important de prendre connaissance des astuces suivantes.

Osez être créatif !

Il est possible que les paramètres d'exploitation d'un parc de véhicules à essence ne correspondent pas aux possibilités techniques des véhicules électriques actuels sans qu'il soit essentiel d'apporter des changements au mode de fonctionnement du parc. Cela ne signifie pas que l'électrification est impossible. Il faut oser imaginer des scénarios qui sortent du cadre classique.

Vous pouvez, par exemple :

- modifier l'assignation des trajets aux différents véhicules ;
- utiliser deux véhicules en alternance pour un même travail ;
- effectuer un changement de véhicule lors d'un changement de quart ;
- inclure la recharge rapide dans l'horaire de la journée.

Déterminez les véhicules à remplacer en premier

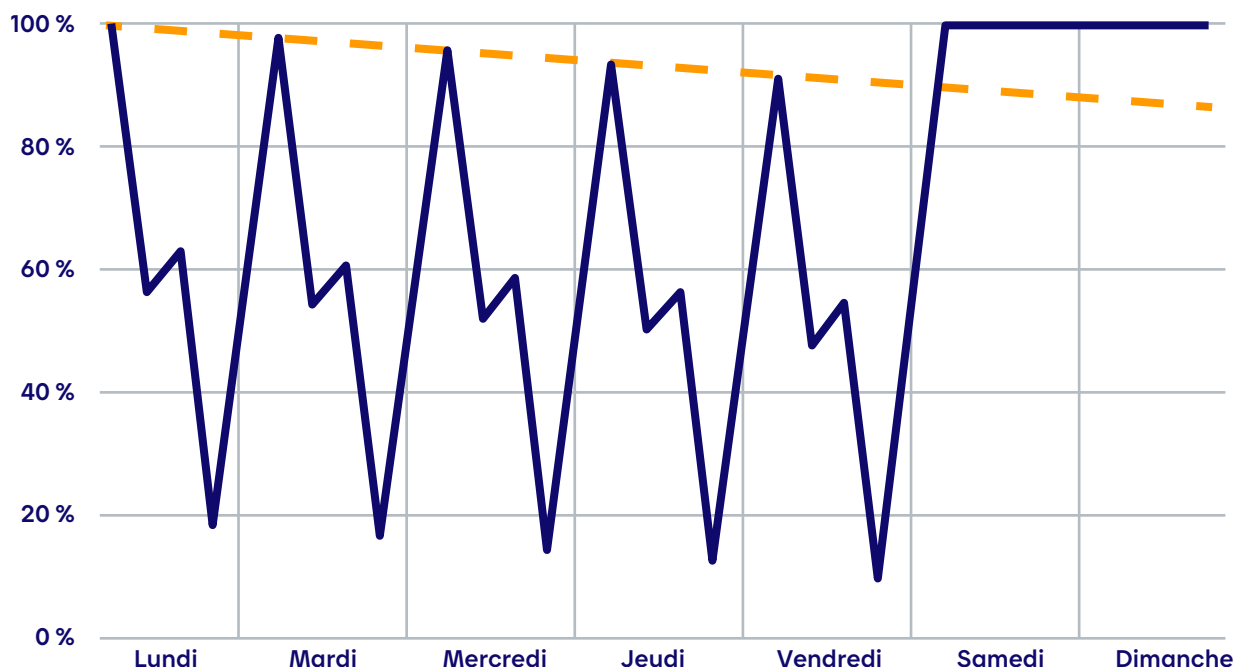
Plusieurs entreprises et organisations préfèrent utiliser les mêmes modèles de véhicules pour tout leur parc. Cependant, dans le cadre d'une transition progressive vers le transport électrique, il est plus stratégique de déterminer les véhicules à essence du parc qui sont les meilleurs candidats pour être remplacés en premier par des équivalents électriques. Remplacer les véhicules selon les besoins individuels plutôt que selon les besoins de l'ensemble du parc pourrait éviter une surestimation des critères de sélection tels que l'autonomie ou la capacité de chargement.

La sélection d'un véhicule dont l'autonomie est inutilement trop grande entraîne un surcoût important à l'achat, en plus d'une perte de capacité de chargement et d'une surconsommation énergétique. Ces deux facteurs sont liés au poids plus élevé de la batterie de plus grande capacité.

Adaptez votre horaire de charge s'il vous manque d'heures de recharge dans une journée

Si un véhicule est en service cinq jours par semaine et que les heures disponibles pour la recharge ne suffisent pas tout à fait à compenser totalement l'énergie utilisée quotidiennement, la fin de semaine peut donner un répit et permettre de combler une « dette énergétique » accumulée durant la semaine.

Figure 13- Dette de recharge comblée la fin de semaine



Une autre solution consisterait à combler cette dette par une seule séance de recharge rapide au cours de la semaine, au lieu d'attendre la fin de semaine.

13. Processus d'implantation

Une fois la stratégie de recharge établie, il faut la faire valider par des professionnels ou professionnelles, dont l'avis pourrait orienter la solution finale dans une autre voie.

13.1 Emploi d'un entrepreneur-électricien ou d'une entrepreneuse-électricienne

Un entrepreneur-électricien ou une entrepreneuse-électricienne évaluera les charges électriques du bâtiment à partir du potentiel d'appel de puissance maximal des équipements déjà installés, mais également des données de consommation antérieures. Il ou elle brossera aussi un portrait de la répartition de l'appel de puissance durant la journée.

Prenons l'exemple d'une usine souhaitant implanter plusieurs bornes de recharge sur le même branchement électrique que le bâtiment. La puissance maximale appelée par le bâtiment ne sera pas la même si les véhicules sont rechargés le soir, alors que les activités de l'entreprise sont en pause, que s'ils le sont durant le jour, pendant que la machinerie est en fonction dans l'usine.

L'entrepreneur ou l'entrepreneuse pourra informer le ou la gestionnaire du parc qu'il est possible de raccorder des charges nécessitant une alimentation triphasée (qui n'est typiquement disponible que dans les zones industrielles ou commerciales). Ce type d'alimentation est habituellement requis pour le fonctionnement de BRCC de plus de 25 kW.

Le branchement électrique en place dans le bâtiment peut être limité en puissance, laquelle imposerait un plafond absolu, dont il faut tenir compte dans la stratégie de recharge.

Si des mises à niveau de l'infrastructure électrique du bâtiment sont nécessaires, l'entrepreneur ou l'entrepreneuse proposera généralement différentes options (tableaux de distribution, sous-tableaux, transformateurs, etc.). Le ou la gestionnaire de projet sera en mesure de déterminer le point optimal entre les coûts immédiats de la mise à niveau en fonction des besoins actuels et les coûts associés à de possibles expansions.

13.2 Nouveau branchement électrique ou branchement existant

Dans des scénarios d'électrification à grande échelle pour de gros parcs de véhicules, il n'est pas rare de devoir prévoir l'ajout d'un branchement électrique de grande puissance pour desservir exclusivement les infrastructures nécessaires à la recharge du parc.

Un branchement électrique spécialisé nécessite l'ajout d'équipement, dont des transformateurs, un tableau électrique et possiblement des poteaux électriques. Il permet d'avoir accès à un tarif électrique distinct de celui du bâtiment, ce qui peut se montrer très avantageux dans certains cas, notamment lorsque le tarif BR peut être applicable (voir la section 7).

13.3 Déroulement et responsabilités

Le déroulement général et les responsabilités des différentes parties au processus d'implantation de bornes de recharge sont présentés dans le tableau 3. Dans la majorité des cas complexes, le client sera accompagné par un consultant ou une consultante externe ou encore par une personne à l'interne responsable du projet.

13. Processus d'implantation

Tableau 3 – Implantation de bornes de recharge – Responsabilités des parties

Étapes d'implantation	Parties au processus d'implantation			
	Personne chargée du projet d'électrification (personnel de l'entreprise ou consultant ou consultante externe)	Maître électricien ou maître électricienne ou ingénieur ou ingénieure	Entrepreneur-électricien ou entrepreneuse-électricienne	Hydro-Québec
1. Détermination des emplacements potentiels	Définir les endroits stratégiques pour l'implantation. Demander à un maître électricien ou à une maître électricienne de superviser le projet.			
2. Demande de confirmation du ou des points de raccordement		Transmettre la demande à Hydro-Québec.		
3. Estimation des coûts d'implantation				Remettre au client les estimations en fonction du point de raccordement.
4. Choix de l'emplacement	Choisir l'emplacement définitif à l'issue de l'évaluation des estimations reçues.			
5. Service d'ingénierie	Mandater une ou des entreprises ou un maître électricien ou une maître électricienne pour assurer la conception.	Assurer la fourniture des plans et des services requis par Hydro-Québec.		
6. Réalisation des travaux	Mandater une entreprise pour la réalisation des travaux.	Assurer la réalisation des travaux s'il ou elle a offert ses services d'ingénierie.	Assurer la réalisation des travaux conformément aux plans du cabinet de génie-conseil.	
7. Validation des installations de raccordement			Communiquer avec Hydro-Québec pour planifier la visite de l'équipe de mesurage.	Envoyer une équipe de mesurage sur les lieux pour valider la conformité des installations.
8. Raccordement des installations au réseau de distribution			Communiquer avec Hydro-Québec pour planifier la visite de l'équipe de raccordement.	Envoyer une équipe de raccordement sur les lieux pour brancher les installations au réseau.

13.4 Délais de réalisation

L'ampleur des travaux à réaliser est très variable d'un projet à l'autre.

Dans certains cas, des travaux de génie civil sont requis. Il peut, par exemple, s'agir de travaux d'excavation ou de paysagement, de l'installation de poteaux ou d'une dalle de béton, de perçage, ou encore de retrait, de modification ou d'ajout d'un mur. Acheminer du câblage sous une allée asphaltée peut grandement prolonger les délais d'installation de bornes.

Les demandes de permis, de raccordement et de validation par les différentes parties au projet peuvent également entraîner des délais considérables si ces étapes sont requises.

L'expérience montre que le déploiement d'un parc de bornes prend beaucoup plus de temps que le processus d'acquisition de véhicules électriques. L'implantation d'un parc de bornes de recharge rapide peut même s'étaler sur plus d'une année.

14. Gestion de la puissance

Comme le décrit la section 7, la puissance appelée par le parc de bornes peut donner lieu à une dépense considérable. S'il peut être surprenant pour un ou une gestionnaire de parc de voir que, dans certains cas, la puissance (kW) nécessaire pour recharger les véhicules électriques coûte davantage que l'énergie consommée (kWh), ce problème peut heureusement être atténué lorsqu'on en comprend la dynamique.

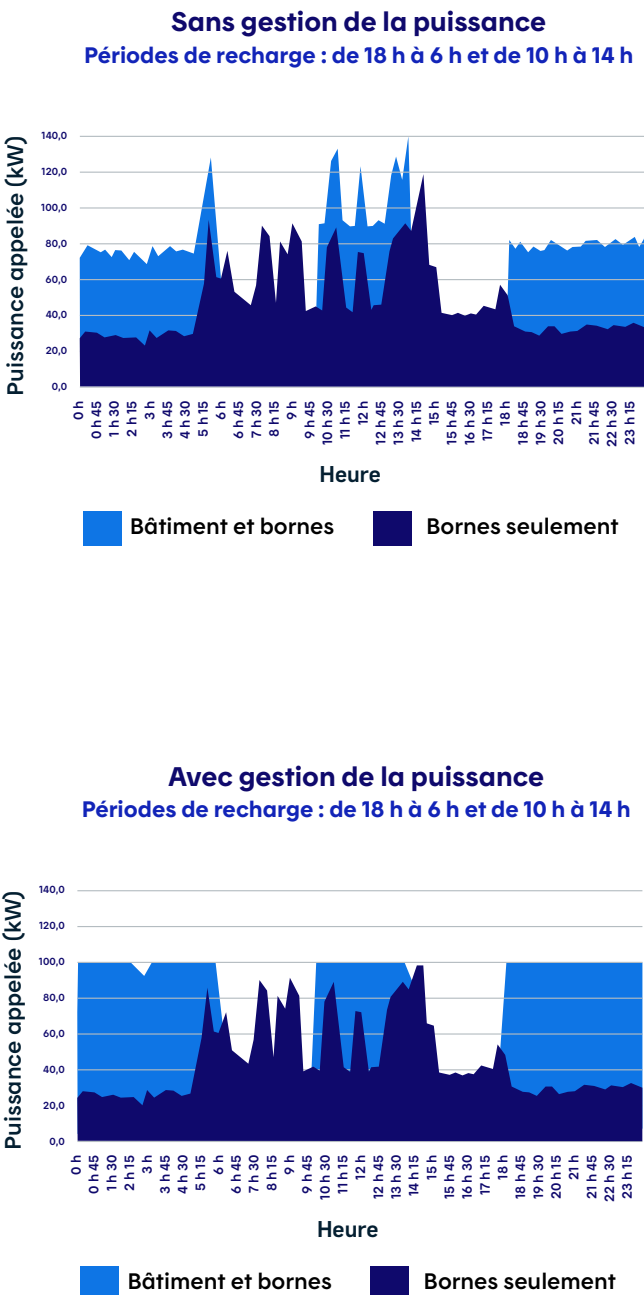
Comme il est expliqué précédemment, le volet «puissance» de la facturation est basé sur la valeur des pics d'appel de puissance. On cherche à établir les meilleures pratiques de recharge ou encore les équipements à installer pour réduire la puissance maximale appelée par le bâtiment.

La figure 14 illustre un exemple de profil de consommation où les périodes de recharge ont été déplacées et où un contrôleur de charge a été installé.

On y constate que sans gestion de la puissance, le pic utilisé pour la facturation aurait été de 140 kW. Une fois la stratégie de gestion de la puissance appliqué, ce pic est plutôt de 100 kW.

Les solutions énumérées à la page suivante sont présentées en ordre de complexité d'implantation, de la plus simple à la plus complexe. On y donne aussi un ordre de grandeur de la taille d'un parc de bornes type auquel pourraient s'appliquer les solutions.

Figure 14 – Exemple de profils de consommation avec et sans gestion de la puissance



14.1 Solutions manuelles et économiques (une ou deux bornes)

14.1.1 ÉVITEMENT DE LA POINTE DE PUISSANCE APPELÉE DU BÂTIMENT

Si les appareils de l'entreprise demandent beaucoup de puissance durant certaines heures de la journée, on devrait s'assurer que les véhicules ont une autonomie suffisante ou que leur horaire d'utilisation fait en sorte qu'il ne soit pas nécessaire de les recharger durant ces heures de pointe.

14.1.2 RECHARGE EN CASCADE

Il peut être judicieux de programmer la recharge sur des plages horaires différentes pour chaque véhicule, afin de minimiser le nombre de véhicules en recharge simultanément. Plusieurs véhicules permettent la programmation d'un horaire de recharge au moyen de leur tableau de bord ou d'une application mobile.

Exemple : Chaque véhicule pourrait disposer d'une plage de recharge de 4 heures, et ces plages seraient réparties sur les 10 heures disponibles entre la fermeture de l'usine, le soir, et son ouverture, le lendemain matin (voir la figure 15).

Figure 15 – Recharge en cascade



Source : Les illustrations proviennent d'une présentation donnée par Francis Villeneuve, d'Hydro-Québec, lors d'un webinaire sur la recharge pour un parc d'autobus scolaires qui s'inscrit dans la campagne Roulons électrique (Équiterre, 2021b).

14.2 Solutions techniques simples (de trois à cinq bornes)

14.2.1 RÉDUCTION DE LA PUISSANCE DE RECHARGE OFFERTE PAR LA BORNE DE RECHARGE

La plupart des bornes de recharge de niveau 2 permettent à l'installateur de sélectionner un plafond pour la puissance offerte par la borne. Ainsi, la borne ne permettra pas au véhicule d'utiliser la pleine puissance. Elle limitera plutôt la recharge à ce nouveau plafond (p. ex., 4,8 kW au lieu de 7,2 kW). Ce réglage est semi-permanent, en ce sens que pour modifier ce paramètre, la borne doit être ouverte.

Exemple : Si une recharge à un plafond de 3,6 kW sur une nuit de 10 heures suffit pour chacun des six véhicules d'un restaurant, les six bornes peuvent être limitées à 50 % de la puissance. Ainsi, une puissance maximale de 21,6 kW est demandée par le parc durant la nuit, plutôt que 43,2 kW.

14.2.2 PARTAGE DE DISJONCTEUR

Certains fabricants offrent des bornes qui peuvent être installées de pair sur un même circuit électrique, en se partageant la puissance disponible. Par un lien de communication local, les bornes peuvent être mises en réseau. Lors de la recharge, la puissance maximale du circuit est partagée dynamiquement entre les bornes. Lorsque le premier véhicule atteint une pleine charge ou diminue la puissance qu'il appelle, les autres bornes du circuit peuvent alors offrir aux autres véhicules le reste de la puissance disponible. En configurant ainsi l'infrastructure de recharge lors de l'installation, il est possible de plafonner la puissance demandée par l'ensemble du parc de bornes, tout en assurant une bonne répartition de la puissance pendant que les véhicules sont branchés.

Exemple : Les véhicules A et B sont rechargés simultanément à 3,6 kW chacun. Lorsque l'état de charge du véhicule A atteint 100 %, le véhicule B se recharge à 7,2 kW.

14.2.3 CONTRÔLEUR DE CHARGE

Un contrôleur de charge lit la consommation totale du tableau électrique d'un bâtiment en temps réel. Il peut détecter tout événement où la puissance dépasse une certaine limite par rapport à la capacité du branchement électrique et couper temporairement l'alimentation aux bornes de recharge ou à certains équipements. Ainsi, cela donne priorité aux équipements du bâtiment et met fin à la recharge pour éliminer une pointe de puissance. Cette solution permet aussi l'installation de bornes sur un tableau de distribution avoisinant ou ayant atteint sa capacité maximale.

14.2.4 COMMUTATEUR INTELLIGENT OU DISJONCTEUR INTELLIGENT

Ces produits sont utilisés dans l'industrie et à domicile pour connecter ou déconnecter des charges électriques. Certains fonctionnent de pair avec une application permettant de programmer les heures où l'alimentation de l'appareil est autorisée. En utilisant ces appareils pour la fonction inverse, c'est-à-dire pour couper la recharge à certains moments, il est possible d'éviter les pointes de puissance dans les cas où celles-ci sont prévisibles et importantes.

14.3 Solutions techniques avancées (plus de cinq bornes)

14.3.1 PARTAGE DE PUISSANCE POUR UN PARC DE BORNES

Certains fabricants offrent des systèmes de bornes de recharge pouvant se partager un plafond global de puissance. Si toutes les bornes proviennent du même fabricant et sont prévues pour la mise en réseau, elles peuvent facilement communiquer entre elles. Le parc de bornes est alors géré au moyen d'un portail Web. Il est possible de regrouper les bornes et d'imposer des mécanismes de plafonnement de la puissance par groupe de bornes aux BRCC seulement, aux bornes de niveau 2 seulement, ou encore aux bornes installées sur un circuit, reliées à un tableau électrique ou à un emplacement donné. Les possibilités et les stratégies deviennent alors nombreuses.

De tels réseaux de bornes peuvent également se partager la puissance dynamiquement grâce à des logiques d'attribution telles que la distribution en parts égales aux véhicules ou la distribution selon la règle du « premier arrivé, premier servi ». Les bornes sont cependant plus coûteuses et des frais de communication sont à prévoir. Elles sont habituellement destinées aux installations importantes où les surcoûts de puissance ou encore la limitation en puissance des installations électriques existantes justifient l'investissement.

14.3.2 INTÉGRATION SUR MESURE AVEC UN SYSTÈME DE GESTION ÉNERGÉTIQUE DE BÂTIMENT (SGEB)

Lorsque les bornes déployées sont gérées en réseau au moyen du portail Web du fabricant de bornes, il peut être possible de mettre en relation le portail avec d'autres systèmes de l'entreprise. Ainsi, un logiciel de gestion énergétique du bâtiment pourrait être arrimé avec le système de gestion du parc de bornes pour contrôler ces équipements de la même manière que les autres charges électriques importantes du bâtiment.

14.3.3 INTÉGRATION SUR MESURE, RECHARGE INTELLIGENTE

Pour un parc de grande taille ayant des besoins en puissance de recharge élevés, certains systèmes sophistiqués peuvent tenir compte des besoins de chaque véhicule. Cette approche, dite de « recharge intelligente », est appelée à évoluer. Plusieurs acteurs de l'électrification, tels que les fabricants de bornes, les exploitants d'infrastructures de recharge ou de véhicules ou encore les fournisseurs de systèmes embarqués, commencent à collaborer pour offrir de nouveaux produits. Ces solutions évoluées font intervenir la télématique, l'horaire des véhicules, la puissance appelée par le bâtiment et les particularités des tarifs électriques dans l'optimisation de la puissance de recharge assignée dynamiquement à chaque véhicule.

14. Gestion de la puissance



EXEMPLE :

À un emplacement comprenant deux BRCC et deux bornes doubles de niveau 2 pour un parc de taxis électriques, un nouveau branchement électrique réservé au parc de bornes a été mis en place. Ainsi, le tarif expérimental BR pour bornes de recharge a pu être associé à cet abonnement.

Si toutes les bornes sont occupées au même moment, c'est-à-dire que deux véhicules se rechargent simultanément à 50 kW chacun aux deux BRCC et quatre aux bornes de niveau 2 à 6 kW, la puissance appelée s'élève à 124 kW. Un seul événement de la sorte sur la période de facturation entraîne un pic de puissance, pris en compte dans la facture.

Si les 30 taxis du parc totalisent 6 heures de recharge aux BRCC et 8 heures aux bornes de niveau 2 par jour, on calcule que 9 000 kWh sont consommés sur 30 jours.

Sans gestion de puissance :

La facture sans gestion de puissance est estimée à 1 350 \$ pour 9 000 kWh et une puissance maximale appelée de 124 kW au tarif BR.

Si l'abonnement avait été associé au tarif M, le montant aurait été de 2 650 \$, en posant l'hypothèse que les bornes auraient été raccordées à un bâtiment appelant déjà 20 kW.

Avec une limitation de la puissance :

La stratégie retenue par l'entreprise de taxis consiste à plafonner la puissance par groupes de bornes. Une limite de 60 kW est fixée pour les deux BRCC combinées. Également, une limite de 16 kW est ajoutée au groupe de quatre bornes de niveau 2. Cette stratégie limite le pic à 76 kW.

Ainsi, au tarif BR, la facture avec plafonnement de puissance chute de 11 %, soit à 1 200 \$. C'est une économie annuelle de 1 800 \$.

Au tarif M, l'économie aurait été de 24 %, pour un nouveau montant de 2 000 \$. L'économie annuelle serait d'environ 7 800 \$.

Ces économies ont toutefois un prix, celui de ralentir la recharge en cas de fort achalandage du parc de bornes. Avec cette stratégie, deux véhicules utilisant les BRCC recevront 30 kW chacun jusqu'à ce que l'un des deux termine ou ralentisse sa recharge. Le même principe s'applique pour les bornes de niveau 2, où chacun des quatre véhicules recevrait 4 kW, jusqu'à ce que l'un d'eux quitte une borne. La puissance remontrait alors à 5,3 kW.

L'objectif ici n'est pas d'abaisser la puissance à tout prix, mais plutôt d'empêcher la survenue de pics exceptionnels, très peu représentatifs du profil de puissance habituel et pour lesquels il serait dommage de payer un fort prix pour toute la période ou même toute l'année compte tenu de la politique de puissance minimale à facturer.

Comme pour les autres éléments de la stratégie d'électrification, il faut considérer les besoins de chaque parc. La meilleure stratégie de gestion de puissance pour un parc pourrait ne pas convenir à un autre.

15. Conclusion

L'élaboration et la mise en place d'une infrastructure de recharge combinées à l'établissement d'une stratégie de recharge constituent les différentes facettes d'un projet d'électrification de parc de véhicules électriques. Cette démarche peut se montrer simple et relativement rapide dans certains cas ou s'avérer complexe et demander une mûre réflexion dans d'autres.

Le succès d'un tel projet repose en grande partie sur une stratégie d'implantation et d'exploitation de l'infrastructure de recharge bien pensée. Installer le bon nombre de bornes de puissance suffisante, implanter des processus administratifs raisonnables et bien gérer la puissance sont des facteurs de réussite pour la transition énergétique d'un parc de véhicules.

Les incitatifs actuellement proposés par les différents paliers de gouvernement sont prévus pour alléger le fardeau financier que représente le déploiement d'une infrastructure de recharge. Entreprendre rapidement le processus de déploiement et profiter des subventions en vigueur est une stratégie gagnante. Cette approche pourrait donner un élan positif et offrir un avantage concurrentiel aux parcs de véhicules qui auront démarré tôt leur projet d'électrification.

16. Références

Équiterre. 2021a. *Choisir un véhicule rechargeable qui répond à vos besoins*. Roulons électrique. 40 p. [En ligne : www.roulonselectrique.ca/documents/40/Brochure-Electro-FR-2021_web.pdf].

Équiterre. 2021b. *Webinaire – Démystifier la recharge pour un parc d'autobus scolaires*. [En ligne : https://www.youtube.com/watch?v=KYbZ0V6g_wk].

Hydro-Québec. 2015. *Bornes de recharge pour véhicules électriques – Guide technique d'installation*. [En ligne : www.transports.gouv.qc.ca/fr/services/cger/electrification/Documents/guide-bornes-recharge.pdf].

Hydro-Québec. 2019. *La recharge de véhicules électriques dans un multilogement*. [En ligne : <https://www.hydroquebec.com/data/electrification-transport/pdf/recharge-vehicules-electriques-multilogement.pdf>].

Institut du véhicule innovant (IVI). 2016. *Design, calibration and real world data of an electric school bus*. Conférence présentée dans le cadre du symposium EVS29, en 2016.

Institut du véhicule innovant (IVI). 2020a. *Guide pour l'électrification d'une flotte de véhicules*. Flotte Rechargeable, janvier 2020, 27 p. [En ligne : <https://www.ivisolutions.ca/wp-content/uploads/2020/07/ivi-guideflotter.pdf>].

Institut du véhicule innovant (IVI). 2020b. *Annexes du Guide pour l'électrification d'une flotte de véhicules*. Flotte Rechargeable. [En ligne : <https://www.ivisolutions.ca/wp-content/uploads/2020/07/annexe-du-guide-delectrification-dune-flotte.pdf>].

Karjalainen P., M. Nikka, M. Olin, S. Martikainen, A. Rostedt, A. Arffman et S. Mikkonen. 2021. *Fuel-Operated Auxiliary Heaters Are a Major Additional Source of Vehicular Particulate Emissions in Cold Regions*. *Atmosphere*, vol. 12, n° 9, art. 1105. [En ligne : <https://doi.org/10.3390/atmos12091105>].

North American Council for Freight Efficiency (NACFE). 2018. *Medium-Duty Electric Trucks: Cost of Ownership*. [En ligne : <https://nacfe.org/emerging-technology/medium-duty-electric-trucks-cost-of-ownership>].

Statistique Canada. 2021. *Véhicules à émission zéro au Québec, 2020*. [En ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-627-m/11-627-m2021032-fra.htm>].

© Hydro-Québec

Guide de recharge pour parcs de véhicules électriques (2022G118F)
978-2-550-92085-4 PDF

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2022

