



# Flotte rechargeable Camions lourds

Étude sur le potentiel d'électrification de camions lourds à moteur diesel

Rapport phase 2 –Andy Transport

Par : Mathieu Chevigny, CPI

Révisé par : Charles Trudel, ing.

Date : 20 novembre 2024



Institut du véhicule innovant

## Table des matières

|  |    |
|--|----|
| 1. Faits saillants .....                                 | 6  |
| 2. Méthodologie .....                                    | 7  |
| 3. Méthodologie : Scénarios d'électrification .....      | 9  |
| 4. Limites de l'analyse .....                            | 11 |
| 5. Présentation de l'entreprise.....                     | 12 |
| 6. Véhicules analysés.....                               | 13 |
| 7. Analyse du camion 5102 .....                          | 18 |
| 8. Scénario d'électrification pour le camion 5102 .....  | 21 |
| 9. Analyse du camion 5095 .....                          | 26 |
| 10. Scénario d'électrification pour le camion 5095 ..... | 29 |
| 11. Analyse du camion 5315 .....                         | 35 |
| 12. Scénario d'électrification pour le camion 5315 ..... | 38 |
| 13. Conclusions et recommandations.....                  | 42 |
| 14. Sources des données.....                             | 44 |
| 15. Informations et contact.....                         | 45 |
| 16. Remerciements .....                                  | 46 |



Attribution, pas d'utilisation commerciale, partage dans les mêmes conditions

(CC BY-NC-SA) : Cette licence permet à d'autres personnes de remixer, arranger et adapter l'œuvre à des fins non commerciales tant que le crédit à l'auteur est attribué en citant son nom et que les nouvelles œuvres sont diffusées selon les mêmes conditions. Pour consulter le code juridique encadrant cette licence, visitez [creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr)

## Liste des tableaux

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1 : Énergie nominale vs. Utilisable d'un camion électrique à différents stades de vie .....                                   | 10 |
| Tableau 2 : Informations de base sur l'utilisation des véhicules de Andy Transport.....   | 14 |
| Tableau 3 : Représentation visuelle des distances parcourues quotidiennement par le camion 5102 .....                                 | 19 |
| Tableau 4 : Effet des données principales sur le potentiel d'électrification du camion 5102 .....                                     | 20 |
| Tableau 5: Paramètres d'électrification retenus pour le camion 5102.....  | 24 |
| Tableau 6: Bénéfices financiers de l'électrification du camion 5102 .....   | 24 |
| Tableau 7 : Représentation visuelle des distances parcourues quotidiennement par le camion 5095 .....                                 | 27 |
| Tableau 8: Effet des données principales sur le potentiel d'électrification du camion 5095 .....                                      | 28 |
| Tableau 9: Paramètres d'électrification retenus pour le camion 5095.....  | 31 |
| Tableau 10: Bénéfices financiers de l'électrification du camion 5095 .....  | 32 |
| Tableau 11 : Routes instrumentées entre Andy Transport et le port de Montréal (classées en fonction de la masse totale moyenne) ..... | 33 |
| Tableau 12 : Paramètres d'électrification retenus pour la route dédiée entre Andy Transport et le port de Montréal.....               | 33 |
| Tableau 13 : Bénéfices financiers de l'électrification d'une route dédiée entre Andy Transport et le port de Montréal.....            | 34 |
| Tableau 14 : Représentation visuelle des distances parcourues quotidiennement par le camion 5315 ...                                  | 36 |
| Tableau 15 : Effet des données principales sur le potentiel d'électrification du camion 5315 .....                                    | 37 |
| Tableau 16: Paramètres d'électrification retenus pour le camion 5315.....   | 40 |
| Tableau 17: Bénéfices financiers de l'électrification du camion 5315.....   | 41 |
| Tableau 18: Recommandation d'électrification des camions d'Andy Transport .....   | 42 |

## Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Échelle de dénivelé allant du plus petit dénivelé au plus grand .....   | 8  |
| Figure 2 : Camions utilisés durant la période d'instrumentation, dans l'ordre de gauche à droite : Camions 5102, 5095 et 5315..... | 13 |
| Figure 3 : Fréquence des livraisons du camion 5102 dans un rayon de 25 et 50 km de l'entrepôt de Andy Transport .....              | 18 |
| Figure 4 : Fréquence des livraisons du camion 5095 dans un rayon de 25 et 50 km de l'entrepôt d'Andy Transport .....               | 26 |
| Figure 5 : Fréquence des livraisons du camion 5315 dans un rayon de 25 et 50 km de l'entrepôt d'Andy Transport .....               | 35 |

## Liste des graphiques

|  |    |
|--|----|
| Graphique 1 : Répartition des kilométrages quotidiens par camion .....   | 15 |
| Graphique 2 : Répartition des vitesses – Andy Transport .....  | 16 |
| Graphique 3 : Heures par jour au dépôt, sans les fins de semaine et les fériés .....   | 17 |
| Graphique 4 : Proportion de la distance parcourue selon le chargement transporté du camion 5102 .....                              | 20 |
| Graphique 5: Journées de mesure du camion 5102, classées par ordre croissant des besoins quotidiens simulés en énergie (kWh).....  | 21 |
| Graphique 6 : Énergie consommée par jour pour les journées simulées pour le camion 5102 .....                                      | 22 |
| Graphique 7 : Moments des déplacements et arrêts typiques du camion 5102.....  | 23 |
| Graphique 8: Émission sur la vie du camion 5102, Diesel vs. Électrique .....   | 25 |
| Graphique 9: Proportion de la distance parcourue selon le chargement transporté du camion 5095.....                                | 28 |
| Graphique 10: Journées de mesure du camion 5095, classées par ordre croissant des besoins quotidiens simulés en énergie (kWh)..... | 29 |
| Graphique 11 : Énergie consommée par jour pour les journées simulées pour le camion 5095 .....                                     | 30 |
| Graphique 12 : Moments des déplacements et arrêts typiques du camion 5095.....   | 31 |
| Graphique 13: Émission sur la vie du camion 5095, Diesel vs. Électrique .....  | 32 |
| Graphique 14: Proportion de la distance parcourue selon le chargement transporté du camion 5315....                                | 37 |
| Graphique 15: Journées de mesure du camion 5315, classées par ordre croissant des besoins quotidiens simulés en énergie (kWh)..... | 38 |
| Graphique 16 : Énergie consommée par jour pour les journées simulées pour le camion 5315 .....                                     | 39 |
| Graphique 17 : Moments des déplacements et arrêts typiques du camion 5315.....   | 40 |
| Graphique 18: Émission sur la vie du camion 5315, Diesel vs. Électrique .....  | 41 |

## À PROPOS DE L'IVI

Cumulant plus de 25 ans d'expérience dans le développement de prototypes de véhicules électriques, autonomes et connectés, l'Institut du véhicule innovant (IVI) est un accélérateur d'innovation qui aide l'industrie québécoise à se positionner rapidement dans un marché en pleine croissance.

Au sein de l'IVI, le Groupe applications technologiques réalise des mandats de déploiement ou d'expérimentation de technologies, de formation et de sensibilisation afin de favoriser l'adoption de nouvelles technologies véhiculaires.

L'Institut du véhicule innovant est un Centre collégial de transfert de technologie (CCTT) affilié au Cégep de Saint-Jérôme. Il détient un statut d'organisme à but non lucratif (OBNL) et est accrédité comme centre de recherche par le CRSNG.

Le projet Flotte rechargeable – Camions lourds vise à soutenir gratuitement les propriétaires et exploitants de véhicules lourds à la venue de camions 100 % électriques sur le marché québécois.

L'objectif du projet est d'encourager les entreprises québécoises à prendre le virage de l'énergie propre et de fournir aux gestionnaires les outils et les connaissances qui leur permettront de mettre en marche le plan d'électrification de leur parc de véhicules lourds.

Pour ce projet d'une durée de trois ans, l'IVI s'associe avec des partenaires de choix de l'écosystème des transports pour aller à la rencontre de transporteurs routiers, élaborer des rapports d'analyses de faisabilité pour une trentaine d'entreprises ciblées, en plus de coordonner des périodes d'essais de modèles de camions lourds électriques en condition réelle d'utilisation commerciale.

Ce projet est réalisé grâce à la participation financière du gouvernement du Québec dans le cadre du programme Action-Climat Québec afin de rejoindre les objectifs du Plan pour une économie verte 2030 et par le soutien des partenaires du projet.

Une subvention de 1 245 560 \$ a été accordée pour la mise en œuvre de ce projet.

Québec 

 Hydro Québec

# 1. Faits saillants

Le présent rapport a pour but de mesurer la pertinence d'électrifier trois camions de la compagnie Andy Transport.

L'analyse des déplacements à l'aide d'appareils de télématique Go9 de Geotab a permis de déterminer les faits saillants suivants sur le potentiel d'électrification, dont les justifications détaillées se trouvent dans les sections suivantes :

**42 % des journées se terminent en ayant parcouru moins de 225 km, soit la cible de kilométrage recommandée pour des camion électrique classe 8 en 2024 par l'IVI.**

**80 % des arrêts de nuit au terminal durent 12 heures ou plus, soit assez pour ajouter 1 080 kWh avec une borne de 100 kW pour chaque camion**

| Camion 5102 – Tracteur classe 8 |            | Effet sur le potentiel d'électrification |
|---------------------------------|------------|--|
| Critère                         | Valeur     |  |
| Distances                       | Longues    | -  |
| Constance                       | Variée     | -  |
| Dénivelé                        | Faible     | +  |
| Recharge en journée             | Non        | -  |
| Chargement                      | Très lourd | -  |
| Accessoires                     | Aucun      | +  |

|   |                  |
|---|------------------|
| Estimation de consommation électrique en été            | 154 kWh / 100 km |
| Estimation de consommation électrique moyenne, sur 1 an | 188 kWh / 100 km |
| Pénalité de chargement ?                                | Oui              |
| Capacité nominale requise pour 90 % des journées        | 876 kWh          |
| Batterie disponible ?                                   | Non              |

| Camion 5095 – Tracteur classe 8 |            | Effet sur le potentiel d'électrification |
|---------------------------------|------------|--|
| Critère                         | Valeur     |  |
| Distances                       | Longues    | -  |
| Constance                       | Variée     | -  |
| Dénivelé                        | Moyen      | +/-                                      |
| Recharge en journée             | Non        | -  |
| Chargement                      | Très lourd | -  |
| Accessoires                     | Aucun      | +  |

|   |                  |
|---|------------------|
| Estimation de consommation électrique en été            | 209 kWh / 100 km |
| Estimation de consommation électrique moyenne, sur 1 an | 259 kWh / 100 km |
| Pénalité de chargement ?                                | Oui              |
| Capacité nominale requise pour 90 % des journées        | 1879 kWh         |
| Batterie disponible ?                                   | Non              |

| Camion 5315 – Tracteur classe 8 |         | Effet sur le potentiel d'électrification |
|---------------------------------|---------|--|
| Critère                         | Valeur  |  |
| Distances                       | Longues | -  |
| Constance                       | Variée  | -  |
| Dénivelé                        | Faible  | +  |
| Recharge en journée             | Non     | -  |
| Chargement                      | Moyen   | +  |
| Accessoires                     | Aucun   | +  |

|   |                  |
|---|------------------|
| Estimation de consommation électrique en été            | 172 kWh / 100 km |
| Estimation de consommation électrique moyenne, sur 1 an | 211 kWh / 100 km |
| Pénalité de chargement ?                                | Non              |
| Capacité nominale requise pour 90 % des journées        | 1286 kWh         |
| Batterie disponible ?                                   | Non              |

## 2. Méthodologie

Estimer la viabilité de l'électrification d'une route de transport local revient à déterminer les besoins énergétiques d'un camion et les comparer aux tailles de batteries offertes sur le marché. En deuxième lieu, il faut comprendre comment cette énergie peut être restituée à la batterie par le biais d'une infrastructure de recharge lorsque le camion est à l'arrêt. Ceci est généralement effectué au terminal de l'entreprise la nuit, mais peut aussi bien avoir lieu le jour entre deux trajets, chez un client, ou même sur une borne de recharge publique.

Puisque l'analyse de la consommation de carburant d'un camion diesel renseigne peu sur la consommation électrique hypothétique de celui-ci, l'IVI a plutôt préconisé de décortiquer chaque déplacement et d'en traduire la dépense énergétique correspondante. Par exemple, le fait de monter un camion d'une masse déterminée à une hauteur connue demandera une énergie pouvant être calculée et convertie en kilowattheures (kWh). Il en va de même pour accélérer cette masse, vaincre la résistance du vent et du roulement des pneus et contrer les pertes du système de rouage.

Les données précises sur les déplacements ont été obtenues en instrumentant les camions d'appareils de télématique Geotab Go9. Bien que ceux-ci soient souvent utilisés pour le suivi des heures de conduite et de la consommation, il est aussi possible d'en extraire des données précises sur la position et la vitesse d'un véhicule à des intervalles de temps rapprochés.

La durée de la prise de mesures choisie est de trois mois pour s'assurer d'avoir un échantillon suffisant et représentatif des activités d'un camion.

Avant de se lancer dans une analyse détaillée des déplacements, une évaluation macroscopique des capacités des camions lourds électriques a été réalisée pour présélectionner des véhicules au diesel qui seraient plus susceptibles d'être candidats à l'électrification en considérant la technologie actuellement disponible sur le marché. Les critères retenus pour effectuer cette sélection sont les suivants :

- Rayon d'opération : 160 km environ, au maximum
- Retour à la base chaque jour
- Transport de marchandises
- Sévérité de l'application et accessoires disponibles sur le marché dans un horizon de 0 à 2 ans

Afin de considérer l'élévation parcourue par le camion évalué, l'IVI a mis en place un outil appelé l'indice de côte. Cet indice indique le dénivelé moyen positif en mètre pour chaque kilomètre parcouru par le véhicule. Voir la Figure 1.



Figure 1 : Échelle de dénivelé allant du plus petit dénivelé au plus grand

Le freinage régénératif pourra être utilisé lors de la descente des côtes parcourues dans le but de récupérer un peu d'énergie potentiel et la retourner à la batterie, mais ce n'est pas la totalité de cette énergie qui sera restituée.

Les besoins énergétiques obtenus grâce à l'analyse varient beaucoup d'une journée à l'autre, ce qui est normal pour un véhicule qui ne parcourt pas toujours la même route. Souvent les journées les plus longues peuvent être écartées, car jugées exceptionnelles ou non représentatives. Dans les projets menés par l'IVI précédemment, les recommandations émises visent à trouver une combinaison de batterie et d'infrastructure de recharge permettant de remplacer un véhicule à combustion par un véhicule électrique qui serait en mesure **d'accomplir les mêmes tâches pour au moins 90% des journées échantillonnées.**

### 3. Méthodologie : Scénarios d'électrification

À partir des informations recueillies et présentées à la section précédente, un scénario d'électrification a été élaboré pour chaque camion. Ceci consiste à estimer la quantité d'énergie requise pour effectuer l'entièreté des opérations quotidiennes normales de chaque camion durant la période d'instrumentation, et de déterminer quels seraient les besoins énergétiques quotidiens au courant d'une année entière. Ces besoins **aideront à recommander une batterie et les spécifications d'une infrastructure de recharge. Enfin, une analyse des bénéfices économiques et environnementaux est réalisée en tenant compte des paramètres retenus.**

Puisque le projet ne dispose pas d'une année entière pour effectuer la collecte de données, les besoins énergétiques ont été estimés pour la température réelle lors de l'analyse, mais aussi pour des températures de 20°C et -20°C. Ces températures ont été sélectionnées, car elles représentent respectivement une température où une batterie est à sa meilleure efficacité, et une température assez froide pour représenter une journée typique où un véhicule électrique aurait une autonomie minimale.

Les calculs financiers utilisent des hypothèses génériques à propos des prix des bornes de recharge, de leurs installations et des tarifs d'Hydro-Québec. L'utilisation du tarif expérimental BR est posée comme hypothèse, avec un prix par kilowattheure reflétant l'utilisation d'une seule borne de recharge rapide pour un seul camion. Le déploiement subséquent d'autres bornes de recharge et d'autres camions affecterait le prix de l'énergie.

L'énergie requise calculée dans les trois scénarios ci-dessous est comparée aux capacités nominales d'énergie contenue dans les batteries, ou l'énergie totale. Cette valeur est utilisée, car c'est la spécification qui est le plus souvent annoncée par les fabricants de camions.

Malheureusement ce n'est pas l'entièreté de la capacité nominale qui peut servir à faire avancer le camion. D'emblée, les constructeurs y soustraient près de 10 % pour éviter d'endommager la batterie lors des cycles de recharge ou comme provision pour prévenir la dégradation. La capacité utilisable d'un camion neuf ayant une batterie d'une capacité hypothétique de 100 kWh serait donc d'environ 90 kWh.

Ensuite, l'IVI considère prudent de soustraire une marge de 5 % pour diminuer le stress de tomber en panne.

De cette capacité totale annoncée de 100 kWh, 85 kWh seront disponibles pour compléter les trajets du camion lors de sa mise en service. Ceci explique la différence qui peut être observée entre les capacités nominales affichées et l'énergie montrée sur certains graphiques.

De plus, le gestionnaire de flotte doit prévoir qu'une dégradation surviendra, ce qui diminuera la capacité de la batterie au fil de l'utilisation. Ainsi, après plusieurs années, une batterie vendue avec 100 kWh d'énergie nominale ne pourrait compléter que des trajets requérant un maximum de 75 kWh. Cette dégradation varie beaucoup selon les conditions, donc l'IVI préfère laisser le soin au gestionnaire de gérer la diminution de l'autonomie et les routes complétées.

Le Tableau 1 résume les capacités utilisables à différentes étapes de la vie du véhicule.

Tableau 1 : Énergie nominale vs. Utilisable d'un camion électrique à différents stades de vie

| Capacité totale (nominale), telle qu'annoncée à la vente | Capacité réelle utilisable, camion neuf | Capacité avec marge confort, camion neuf | Capacité approximative restante avec marge de confort, long terme |
|--|---|--|---|
| <b>100 kWh</b>   | <b>90 kWh</b>                           | <b>85 kWh</b>                            | <b>75 kWh</b>   |

## 4. Limites de l'analyse

Les données et analyses présentées dans ce rapport sont basées sur une modélisation réalisée par l'IVI. Bien que celle-ci soit effectuée avec le plus de rigueur possible, certaines variables ne peuvent être simulées de façon réaliste ou pratique. Il est donc à prévoir qu'il y aurait une différence, et une variation entre l'énergie estimée et l'énergie qui serait réellement utilisée pour les déplacements en camion électrique. Les résultats présentés ne constituent donc aucunement une garantie de l'exactitude de la consommation d'un camion électrique qui remplacerait un des camions diesel étudiés, ni une garantie que le remplacement d'un des camions diesel étudiés est réellement possible sans perte de productivité ou sans effet pour l'entreprise, ses employés ou ses clients.

Les suggestions de tailles de batteries et les résultats rapportés sont valables au moment de la mise en service du véhicule. Il est important de considérer qu'une dégradation de la batterie surviendra au cours de la vie du véhicule. Cette dégradation est causée, entre autres, par le nombre de cycles de recharges et le temps écoulé depuis la fabrication. Durant les années suivant sa mise en service, une batterie devrait expérimenter une dégradation de 10 %, en moyenne. Ainsi, une batterie dont la capacité utilisable serait de 300 kWh en début de vie devrait être utilisée à 285 kWh (-5%) en début de vie, et aurait 225 kWh (-15%) utilisables après plusieurs années. Il faut donc prévoir qu'après quelques années d'opération, il ne sera peut-être plus possible de compléter les routes les plus longues sans prévoir d'ajustement tel qu'une séance de recharge additionnelle pendant la journée. Alternativement, choisir une batterie contenant plus d'énergie peut prémunir le gestionnaire de flotte contre ceci, si disponible.

De plus, les valeurs utilisées pour l'approximation des coûts des camions, du carburant et de l'électricité varieront grandement selon les équipements sélectionnés, la période d'amortissement, la complexité de l'installation, la consommation et la tarification électrique. Tous ces éléments affecteront l'estimation finale du calcul de rentabilité.

Les coûts d'installation électrique, d'assurance, d'achat d'infrastructure de recharge et même le prix d'achat des camions sont basés sur les meilleures approximations obtenues par l'IVI au moment d'écrire le rapport. Ceux-ci peuvent avoir changé au moment de la lecture ou d'un achat ultérieur. Il est donc nécessaire pour toute entreprise, incluant celle visée par le présent rapport, d'obtenir ses propres soumissions pour estimer avec précision sa rentabilité.

Malgré les meilleures estimations de l'IVI, si l'entreprise décide d'électrifier une route, elle doit comprendre qu'il est possible qu'il soit nécessaire d'apporter des ajustements pour éviter les pannes et interruptions de service, couvrir les besoins des journées les plus extrêmes, ou améliorer la rentabilité.

Puisque le présent projet a pour but d'informer le plus de gestionnaires de parcs de véhicules lourds possibles, donc d'offrir une analyse à plusieurs organisations, seulement trois (3) véhicules par entreprise sont étudiés. Il est donc important de considérer que les conseils résultants peuvent ne pas être représentatifs de l'ensemble des opérations du participant.

## 5. Présentation de l'entreprise



Fondé en 2001, Andy Transport est une entreprise spécialisée dans le transport de marchandises à travers l'Amérique du Nord. Basée au Québec, la compagnie offre une gamme complète de services en transport et logistique ainsi qu'en distribution et entreposage. La flotte d'Andy Transport compte plus de 256 camions répartis dans leurs entrepôts situés à Saint-Zotique, Boucherville, Saint-Laurent, Pointe-aux-Trembles et Mississauga.

Dans le cadre du projet, les camions ont effectué du transport de type intermodal, des routes dédiées et du transport en ville. La durée de possession des camions de la flotte d'Andy Transport varie entre 7 et 13 ans, dépendamment du kilométrage annuel et du type d'activité fait par ceux-ci.

## 6. Véhicules analysés

Suite aux discussions avec le gestionnaire du parc, les trois camions retenus pour l'analyse sont les unités 5102, 5095 et 5315. Les 3 camions sont des tracteurs Volvo VNL de classe 8.



Figure 2 : Camions utilisés durant la période d'instrumentation, dans l'ordre de gauche à droite : Camions 5102, 5095 et 5315

Ces camions ont été retenus, car ils répondaient aux critères généraux de sélection quant aux distances approximatives parcourues et au retour au dépôt la nuit. Le camion 5102 ainsi que le camion 5095 sont basés à l'entrepôt de Boucherville tandis que le camion 5315 est basé chez un client à Montréal. L'entreprise possède 32 camions effectuant des routes similaires au 5102, 54 effectuant des routes similaires au 5095 et 12 effectuant des trajets similaires au 5315.

Bien qu'il soit tentant d'appliquer les conclusions des trois camions présentés dans ce rapport à tout autre camion de la flotte, l'IVI préfère ne pas émettre de diagnostic ferme sur ceux-ci, car beaucoup de variables autres que celles mentionnées précédemment influencent les simulations effectuées. Une étude approfondie s'imposerait donc pour affirmer avec certitude le potentiel d'électrification des véhicules autres que ceux présentés dans ce document.

Certaines informations ont été jugées pertinentes à présenter de manière regroupée plutôt qu'individuellement par camion. Elles sont présentées immédiatement ci-bas. Des détails sont ensuite divisés par camion, pour bien comprendre leurs modes de fonctionnement et comment ceux-ci impacteraient la consommation électrique.

Quelques données saillantes ont été compilées dans un tableau résumé, voir le Tableau 2. Bien que ces données ne fournissent que très peu d'information sur la possible consommation d'un camion qui serait électrifié, elles permettent de comprendre les généralités des opérations de ces trois camions. Ces informations ne devraient pas receler d'importantes surprises pour les gestionnaires d'Andy Transport.

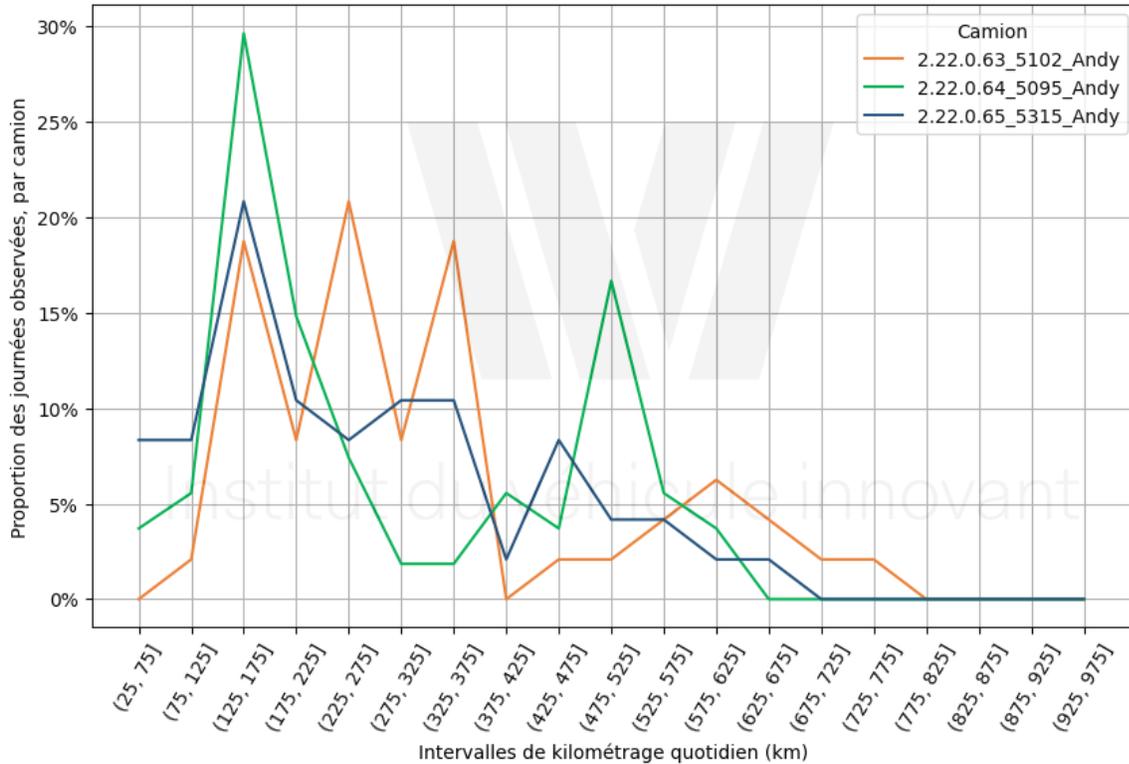
Tableau 2 : Informations de base sur l'utilisation des véhicules de Andy Transport

| Camion #                                | 5102          | 5095          | 5315          |
|---|---------------|---------------|---------------|
| <b>Distance parcourue</b>               |               |               |               |
| Durant la mesure (3 mois)               | 20 376 km     | 16 896 km     | 13 928 km     |
| Annuellement (estimée)                  | 81 502 km     | 67 585 km     | 55 712 km     |
| <b>Carburant</b>                        |               |               |               |
| Consommé durant le test (3 mois)        | 6 814 L       | 6 592 L       | 4 759 L       |
| Consommé annuellement (estimé)          | 27 254 L      | 26 369 L      | 19 038 L      |
| Consommation moyenne                    | 33,4 L/100 km | 39,0 L/100 km | 34,2 L/100 km |
| <b>Ralenti</b>                          |               |               |               |
| Temps par jour en moyenne               | 2,7 h         | 1,37 h        | 0,67 h        |
| Carburant consommé au ralenti par jour  | 12,4 L        | 9,0 L         | 5,6 L         |
| Carburant consommé par année (estimé)   | 2 771 L       | 2 023 L       | 1 124 L       |
| <b>Opérations</b>                       |               |               |               |
| Vitesse moyenne en déplacement          | 58,8 km/h     | 41,3 km/h     | 54,1 km/h     |
| Nombre de jours actifs durant l'analyse | 56 jours      | 56 jours      | 50 jours      |
| Masse totale moyenne pondérée           | 22 909 kg     | 32 124 kg     | 19 317 kg     |

Le Tableau 2 permet de constater que les trois camions d'Andy Transport effectuent des distances annuelles élevées en transportant des charges importantes. La vitesse moyenne des camions suggère que ceux-ci passent beaucoup de temps à des vitesses d'autoroute. La masse totale moyenne pondérée par la distance des trois camions est plutôt élevée. Surtout celle du camion 5095, qui s'approche grandement de la masse du PNB maximal recommandé en date de l'écriture de ce rapport pour un camion électrique, soit 36 364 kg.

Le facteur le plus déterminant de la consommation électrique est la distance parcourue. Le graphique suivant montre la distribution des distances quotidiennes parcourues par camion.

Graphique 1 : Répartition des kilométrages quotidiens par camion

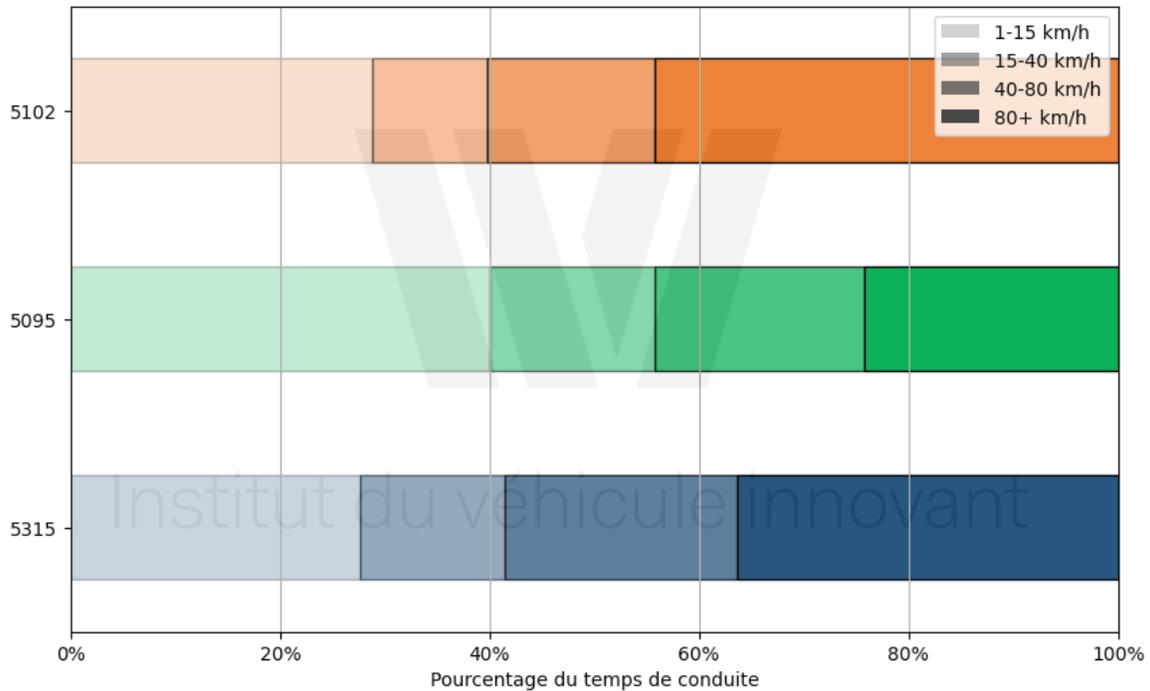


En observant le Graphique 1, il est possible de remarquer que les camions 5102 et 5315 ont parcouru des distances quotidiennes plutôt variées. Le camion 5095 a effectué environ 30 % de ses journées observées dans la plage entre 125 et 175 km. Cependant, il a également passé près de 16 % de ses journées entre 475 et 525 km.

Actuellement, le kilométrage idéal pour un camion électrique est présentement d'environ 200 km par jour avec des opérations stables. Il s'agit d'une bonne cible pour être en mesure d'opérer toute l'année, de bénéficier d'une marge de manœuvre confortable, et d'engranger des bénéfices financiers. Les 3 camions observés ont parcouru moins de 225 km par jour pour 29, 54 et 48 % des journées observées.

Un autre facteur d'importance est la vitesse du véhicule. Le graphique suivant apporte plus de précisions sur la répartition du temps dans différentes plages de vitesses. De gauche à droite, les quatre dégradés de couleurs indiquent la proportion du temps de conduite passée entre 1 et 15 km/h, 15 – 40 km/h, 40 – 80 km/h, et finalement 80 km/h et plus. Ces divisions représentent respectivement des vitesses typiques pour un camion qui circulerait dans une cour, dans le trafic, en ville puis sur l'autoroute. Les bandes plus foncées représentent donc des moments à vitesse plus élevée.

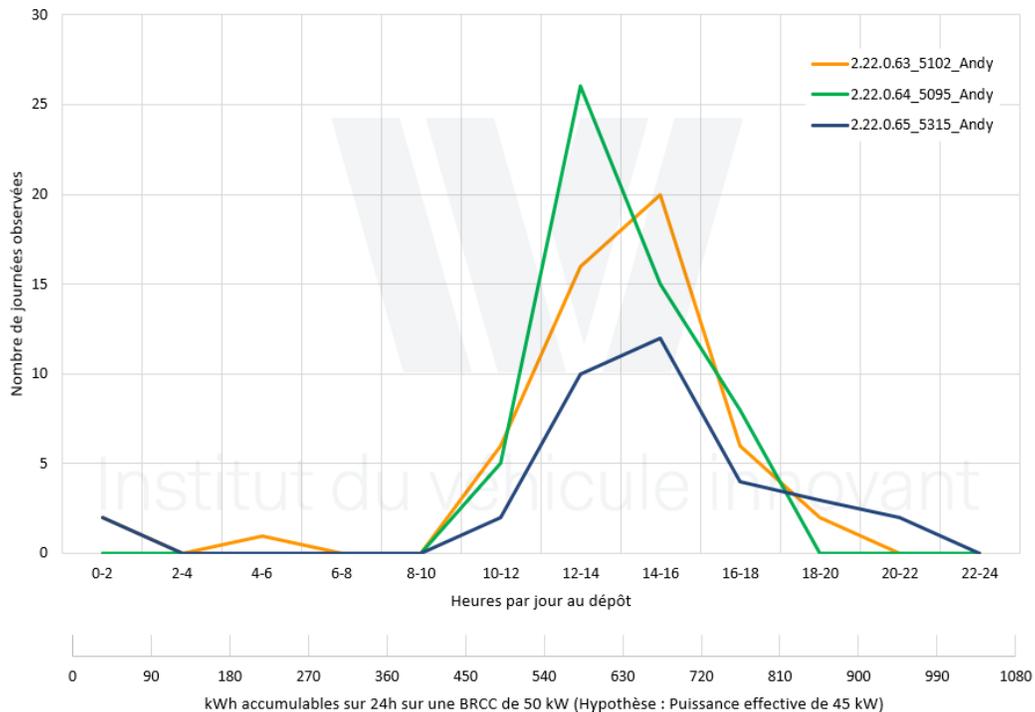
Graphique 2 : Répartition des vitesses – Andy Transport



En observant le graphique ci-dessus, il est possible de voir que les 3 camions passent beaucoup de temps à des vitesses d'autoroute. Surtout le camion 5102 qui effectue plus de 45 % de ses trajets à cette vitesse tandis que le 5315 le suit de proche avec plus de 35 % de ses trajets à cette vitesse. Ceci aura pour effet d'augmenter leur consommation énergétique.

Le mode de ravitaillement des véhicules électriques est complètement différent de celui des véhicules à combustion interne. En effet, la méthode la plus efficace et la moins coûteuse d’opérer commercialement un véhicule électrique consiste à charger le véhicule à la borne de recharge la plus lente possible, au dépôt, durant ses périodes d’inactivité. Il va donc de soi que plus ce temps est long, plus la borne peut être lente (moins puissante). L’IVI préconise la sélection d’infrastructures de recharge les moins puissantes possibles pouvant satisfaire les besoins (incluant les marges de sécurité et de confort), car celles-ci sont moins coûteuses à acquérir, installer puis opérer. Le camion 5102 ainsi que le camion 5095 reviennent au dépôt d’Andy Transport en fin de journée. Le camion 5315 reste chez un client, mais il serait potentiellement possible d’installer une borne chez celui-ci. Le Graphique 3 montre la répartition des heures passées à l’arrêt au dépôt de Andy Transport, et au dépôt du client pour le camion 5315.

Graphique 3 : Heures par jour au dépôt, sans les fins de semaine et les fériés



Le graphique ci-dessus montre une échelle de l’énergie pouvant potentiellement être restituée à la batterie durant les heures d’arrêt au dépôt. Par exemple, un camion arrêté 10 heures et branché sur une borne de 50 kW, soit de puissance effective de 45 kW, pourrait théoriquement accumuler 450 kWh d’énergie dans la batterie. Ces valeurs pourront être comparées aux besoins quotidiens en énergie, pour prouver que la recharge au dépôt peut suffire aux besoins du camion.

Les trois camions disposent d’au moins 12h d’arrêt au dépôt, et ce pour plus de 80 % des jours instrumentés.

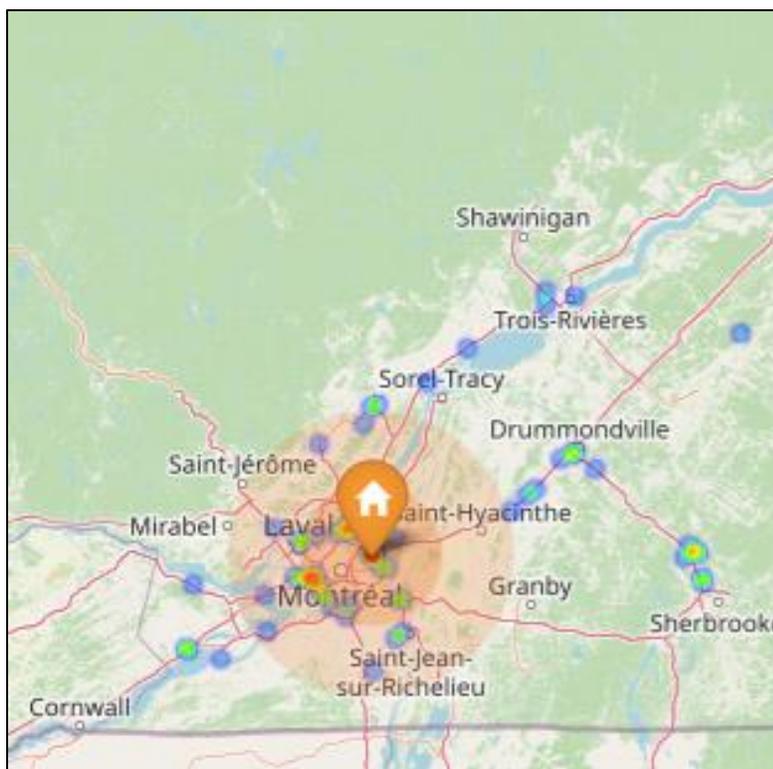
Les pages suivantes présentent en détail l’analyse des déplacements de chaque camion, qui conduira à déterminer leurs besoins énergétiques si ceux-ci étaient remplacés par des camions électriques, dans la portion scénario d’électrification de ce rapport.



## 7. Analyse du camion 5102

Le camion au diesel 5102 est utilisé pour du travail « de ville ». C’est-à-dire qu’il est chargé à moins de 20 455 kg (45 000 lb), qu’il effectue des journées de 10,5 heures et qui ne dépasse jamais un rayon de 300 km autour du dépôt d’Andy Transport.

La carte suivante permet de visualiser la localisation et la fréquence des livraisons :



La couleur des points représente la fréquence des arrêts à un endroit. Ainsi, les zones rouges sont visitées très fréquemment.

Il est possible de voir qu’il y a beaucoup de points bleus sur la carte, ce qui indique que le camion effectuait des livraisons variées. Le camion a principalement circulé dans la communauté métropolitaine de Montréal, mais il est également allé à Trois-Rivières, Québec et Gatineau.

En plus du dépôt principal à Boucherville, le camion a effectué plusieurs arrêts aux dépôts de Saint-Zotique et de Montréal.

Figure 3 : Fréquence des livraisons du camion 5102 dans un rayon de 25 et 50 km de l’entrepôt de Andy Transport

### Dénivelé faible

2,4 m/km



Cet indice de côtes à gravir indique que le camion 5102 devra monter en moyenne un dénivelé positif de 2,4 mètres pour chaque kilomètre parcouru. Ce dénivelé est plutôt faible mais correspond bien au territoire majoritairement parcouru par le camion, soit Montréal et la Montérégie.



## Camion # 5102

Volvo VNL 2016 | Tracteur classe 8– PNB 36 364 kg

Le détail des distances parcourues chaque jour de la période de collecte de données est présenté dans le tableau 3. Celui-ci comporte trois sections pour couvrir l'entièreté des détails des déplacements du camion. En haut, la distance maximale, au 90<sup>e</sup> percentile, médiane et moyenne sont présentées, ainsi que l'écart-type ( $\sigma$ ) et le Coefficient de Variation (CV).

Ensuite, le graphique du centre montre les moyennes de déplacement pour chaque journée de la semaine.

Finalement, la section du bas est organisée en calendrier où les dates sont remplacées par la distance parcourue lors de cette journée, en kilomètres. Un dégradé de couleurs permet de visualiser quelles journées ont été plus intenses. Celles-ci ont une teinte plus foncée. Les journées en gris sont celles où le camion a parcouru moins de 20 km. Il est donc considéré que le camion a été inactif à ces moments.

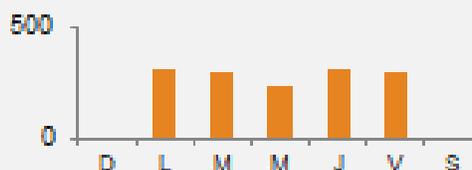
Tableau 3 : Représentation visuelle des distances parcourues quotidiennement par le camion 5102

Comme mentionné par le participant, le camion effectue majoritairement des journées entre 250 et 300 km. Cependant, en observant le 90<sup>e</sup> percentile, il est possible de voir que le camion effectue également des journées allant jusqu'à 553 km.

En observant le calendrier, il est possible de voir un dégradé de couleur. Ce qui indique que les distances quotidiennes parcourues sont variées et qu'il n'y a pas de trajet type parcouru par le camion.

Le camion a circulé pendant 5 jours avec une charge totale maximale inférieure à 30 000 kg, parcourant moins de 200 km. Ces 5 trajets ont été analysés en détail afin de déterminer s'il était possible d'identifier un itinéraire ou un type de client spécifique. **Malheureusement, il a été convenu avec le gestionnaire de flotte que ces trajets étaient très variables et donc n'offriraient pas la répétabilité nécessaire au succès des opérations en camion électrique.**

|          |     |    |
|----------|-----|----|
| Max      | 664 | km |
| 90%      | 553 | km |
| Med      | 254 | km |
| Moy      | 291 | km |
| $\sigma$ | 150 | km |
| CV       | 52% |    |



|       | D | L   | M   | M   | J   | V   | S |
|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|       | - | -   | -   | -   | -   | -   | - |
|       | - | -   | -   | -   | -   | -   | - |
|       | - | -   | -   | -   | -   | -   | - |
| juin  | - | -   | -   | -   | 603 | 242 | - |
|       | - | 157 | 161 | 250 | 626 | 244 | - |
|       | - | 268 | 248 | 145 | 232 | 107 | - |
|       | - | -   | -   | 196 | 255 | 300 | - |
| juil. | - | -   | 431 | 240 | 290 | 328 | - |
|       | - | 349 | 329 | 136 | 328 | 340 | - |
|       | - | 329 | 171 | 179 | 161 | 575 | - |
|       | - | 612 | 251 | 180 | 356 | 664 | - |
|       | - | 317 | 254 | 157 | 134 | 190 | - |
| août  | - | 333 | 500 | 538 | -   | -   | - |
|       | - | 166 | 323 | 312 | 146 | 21  | - |

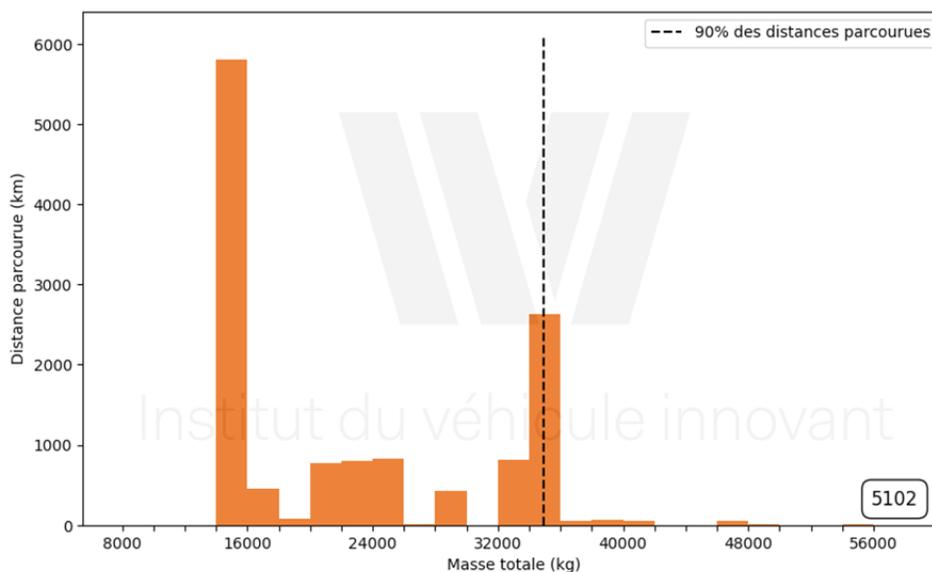


## Camion # 5102

Volvo VNL 2016 | Tracteur classe 8– PNB 36 364 kg

L'énergie requise pour chaque accélération et chaque montée est directement proportionnelle à la masse totale du véhicule, incluant son chargement. La masse totale du camion 5102 a été notée pour chaque trajet effectué lors de la phase d'instrumentation. Le graphique suivant montre le chargement typiquement transporté.

Graphique 4 : Proportion de la distance parcourue selon le chargement transporté du camion 5102



En date de l'écriture de ce rapport, il est intéressant de prendre en note que plusieurs fabricants de camions de classe 8 électriques ne recommandent pas de dépasser un poids nominal brut (PNB) de 36 364 kg (80 000 lb).

Le camion 5102 a parcouru plus de 2 500 km avec une masse moyenne totale d'environ 35 000 kg. Avec un camion électrique, il faut prévoir un surpoids de 2 000 kg dû à la batterie, donc il serait plus lourd que le PNB actuellement permis. Il y aurait donc une pénalité de chargement pour 24 % des trajets, c'est-à-dire que le camion devrait réduire son chargement pour ces trajets.

En résumé, l'analyse des déplacements du camion 5102 permet de déterminer les grandes lignes qui affecteront son potentiel d'électrification des façons suivantes :

Tableau 4 : Effet des données principales sur le potentiel d'électrification du camion 5102

| Critère             | Valeur            | Effet sur le potentiel d'électrification |
|---------------------|-------------------|--|
| Distances           | <b>Longues</b>    | -  |
| Constance           | <b>Variée</b>     | -  |
| Dénivelé            | <b>Faible</b>     | +  |
| Recharge en journée | <b>Non</b>        | -  |
| Chargement          | <b>Très lourd</b> | -  |
| Accessoires         | <b>Aucun</b>      | +  |

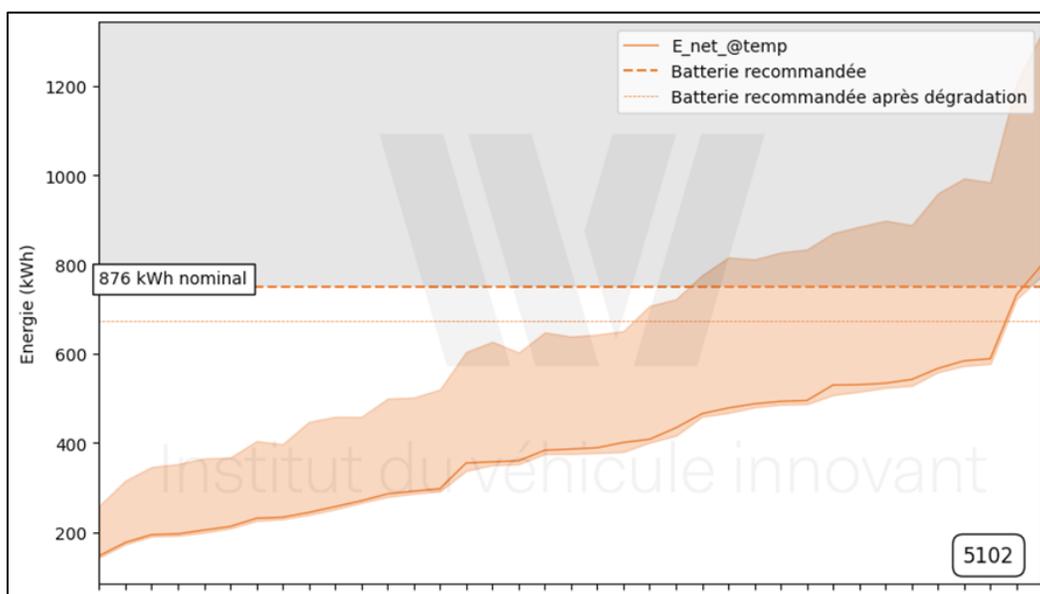


## 8. Scénario d'électrification pour le camion 5102

La distance quotidienne, les montées, le chargement et autres mesures présentées dans la section précédente ont tous été utilisés pour évaluer une consommation d'énergie électrique quotidienne en kWh. Tous les trajets de chaque journée active ont été regroupés pour obtenir un aperçu de l'énergie qui serait requise par période de 24 h pour compléter l'entièreté de ces trajets.

Le Graphique 5 montre la distribution de ces énergies pour chaque journée durant la période d'instrumentation. Ces journées ont été réordonnées en ordre croissant de besoin énergétique quotidien. Ceci permet de mieux visualiser à quel point la configuration de batterie recommandée répondra au besoin.

Graphique 5: Journées de mesure du camion 5102, classées par ordre croissant des besoins quotidiens simulés en énergie (kWh)



### Guide d'interprétation du Graphique 5:

- La courbe orange du graphique ci-dessus montre l'énergie requise simulée pour un camion électrique (en kWh) pour compléter chaque journée du test à la température extérieure réelle.
- L'aire orange montre la différence d'énergie pour une même journée s'il fait chaud (20°C) ou très froid. La valeur plus élevée représente l'énergie lors d'une journée froide (-20°C).
- La zone sous la ligne pointillée horizontale représente les journées où le camion dispose d'assez d'énergie pour compléter tous les trajets de la journée.
- Un camion avec une batterie de capacité nominale de 876 kWh total disposerait de 749 kWh avec marge de confort lorsque neuf (ligne horizontale pointillée épaisse), cette batterie permettrait au camion 5102 d'effectuer 90 % de ses journées.
- La zone grise représente les journées impossibles à compléter sans recharger en cours de journée
- La fine ligne horizontale représente l'énergie après une dégradation de 10 %. Elle permet de comparer les journées qu'il sera possible de compléter à long terme.



## Camion # 5102

Volvo VNL 2016 | Tracteur classe 8– PNB 36 364 kg

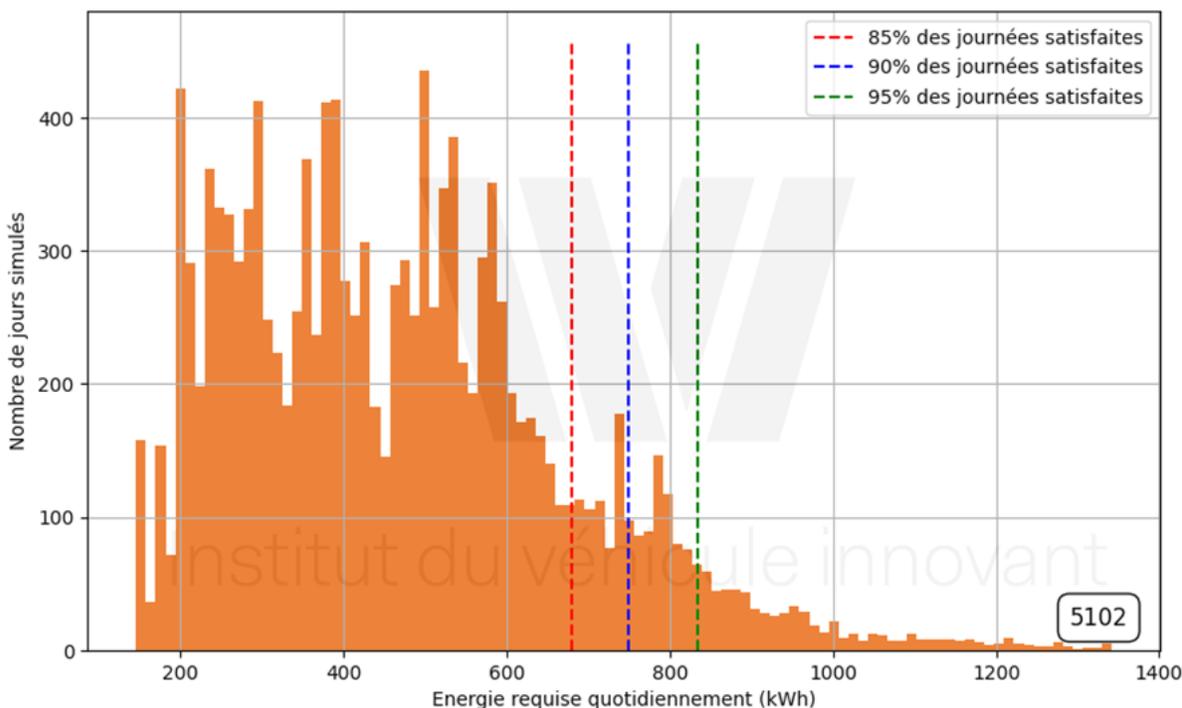
La consommation moyenne annualisée du camion 5102 est estimée à 188 kWh / 100 km. Cette consommation sera plus élevée en hiver.

Comme la période d'acquisition de données s'est déroulée sur une durée de 3 mois, elle ne représente pas la consommation réelle pour toutes les saisons. Les mois d'été auront un besoin en énergie nettement inférieur au mois d'hiver. Une méthode a donc été développée afin d'estimer les besoins énergétiques pour le camion sur une année complète.

L'équipe de l'IVI a utilisé un API qui a identifié les valeurs de température moyenne pour chaque jour sur les 365 jours précédents, et ce selon la station météo la plus proche de l'entrepôt du participant. Ensuite, les données de consommations énergétiques générées pour chaque jour de l'analyse du camion ont été évaluées pour chacune des 365 températures obtenues. Cette méthode considère donc que chaque journée d'une année a des chances égales de se faire attribuer les routes et chargements de chacune des journées de l'échantillon. Les journées d'échantillons aberrantes par leur besoins énergétiques normalisés à 20°C ont été retirées. Par exemple, pour un camion avec 40 jours de données valides, l'IVI a simulé 14 600 données, soit 365 multiplié par 40. Le Graphique ci-dessous illustre la quantité d'énergie requise quotidiennement pour chacune de ces données.

Ensuite, trois lignes verticales indiquent la quantité de kWh nécessaire pour effectuer respectivement 85 %, 90 % et 95 % de ces journées. Ces lignes peuvent servir de guide pour le gestionnaire de flotte. Elles représentent un pourcentage de journées sur une année de travail qu'un camion électrique pourrait accomplir en une seule charge, sans recours à la recharge en cours de journée.

Graphique 6 : Énergie consommée par jour pour les journées simulées pour le camion 5102





## Camion # 5102

Volvo VNL 2016 | Tracteur classe 8– PNB 36 364 kg

Pour compléter l'entièreté des trajets d'une journée 90 % du temps sur une année complète, l'IVI estime que la batterie requise devrait avoir une capacité utilisable avec marge de 749 kWh, ce qui équivaut à une batterie dotée d'une énergie nominale 876 kWh.

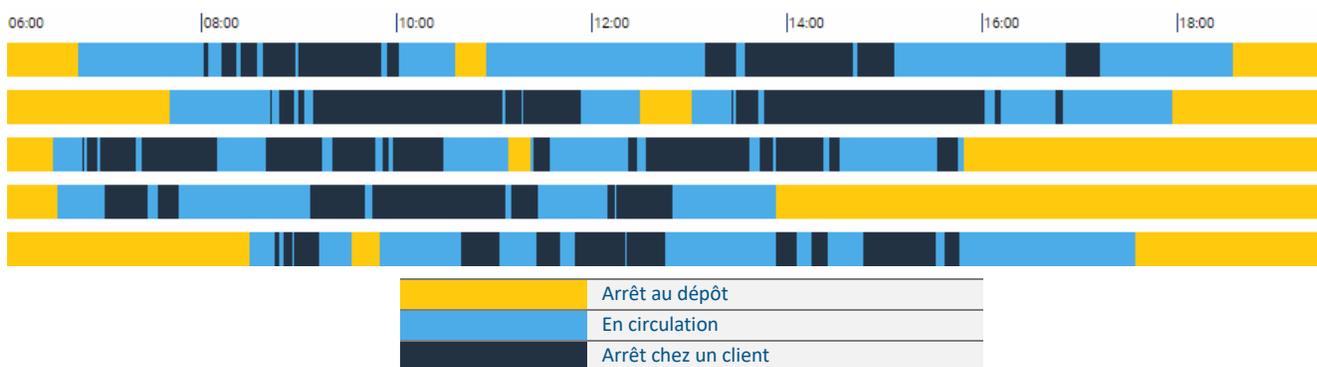
Pour compléter 95 % des journées, la capacité nominale est de 976 kWh.

Pour compléter 85 % des journées, la capacité nominale est de 795 kWh.

Les configurations de batteries offertes en 2024 pour les camions électriques de classes 8 sont d'environ 250 à 650 kWh. Puisque celle-ci constitue une importante partie du prix du véhicule, il est important de sélectionner la plus petite batterie qui répondra aux besoins énergétiques à long terme. À ce sujet, il est prudent de prévoir une dégradation de la batterie qui pourrait diminuer l'autonomie d'environ 10% sur la durée d'utilisation du véhicule dans la flotte.

Le Graphique 7 permet de visualiser les arrêts lors d'une semaine typique du camion 5102. Chaque bande horizontale représente un jour du lundi au vendredi, de bas en haut. L'échelle en haut du graphique représente l'heure de la journée. Les nuits ont été coupées, car il n'y avait aucun déplacement. La semaine représentée est celle du 17 au 21 juillet 2023.

Graphique 7 : Moments des déplacements et arrêts typiques du camion 5102



Le camion 5102 circule entre 6h et 18h. Il est donc arrêté près de 12h par nuit.

Le camion effectue des trajets très variés et il retourne rarement au dépôt de vitesse durant la journée. Lorsqu'il retourne au dépôt, il n'y reste pas assez longtemps pour profiter de la recharge.

Une puissance de 50 kW est généralement considérée comme le standard minimal pour un camion lourd. Cette borne fournira une puissance réelle au véhicule d'environ 45 kW. Comme pour les batteries, la stratégie consiste à sélectionner la borne de recharge la moins puissante qui réponde aux besoins.

En divisant l'énergie utilisée quotidiennement par le nombre d'heures disponible pour la recharge, on arrive à la puissance de l'infrastructure requise. Celle-ci serait donc d'au moins 65 kW (749 kWh / 12 h). Cette puissance est suffisante pour effectuer une charge complète durant la nuit. Une borne de 100 kW pourrait être achetée, mais il serait conseillé de la bloquer à 65 kW afin de limiter les coûts associés à la puissance.



## Camion # 5102

Volvo VNL 2016 | Tracteur classe 8– PNB 36 364 kg

Les paramètres retenus pour un scénario d'électrification du camion 5102 seraient donc les suivants :

Tableau 5: Paramètres d'électrification retenus pour le camion 5102

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Capacité de la batterie embarquée</b>  | 876 kWh     |
| <b>Puissance de la borne de recharge</b>  | BRCC 100 kW |
| <b>90 % des opérations du camion diesel pourraient être effectuées avec un camion électrique disponible à court terme ?</b> | Non         |

Un véhicule muni d'une telle batterie n'est pas disponible sur le marché pour le moment. Malgré ceci, il est possible d'estimer les économies en carburant et les bénéfices environnementaux. Le scénario d'électrification précédent pourrait donc apporter les bénéfices financiers indiqués au Tableau 6, pour une utilisation sur 10 ans.

Tableau 6: Bénéfices financiers de l'électrification du camion 5102

|  |                   |
|--|-------------------|
| Coût annuel de carburant avant électrification | 55 804 \$         |
| Coût annuel d'électricité                      | 25 006 \$         |
| Économie annuelle de coûts d'énergie           | 30 798 \$         |
| <b>Bénéfice net après 10 ans</b>               | <b>307 980 \$</b> |

Sur une période de 10 ans, le camion électrique permettrait des économies d'énergie de plus de 307 980 \$. Le surcoût à l'achat d'un véhicule et de son infrastructure de recharge devrait donc être inférieur à ceci pour rentabiliser cette transition. Ces simulations simplifiées tiennent compte du coût de l'énergie et de la puissance. Le coût du diesel considéré est 2,00 \$/L et le coût de l'électricité est fixé à 0,16 \$/kWh.

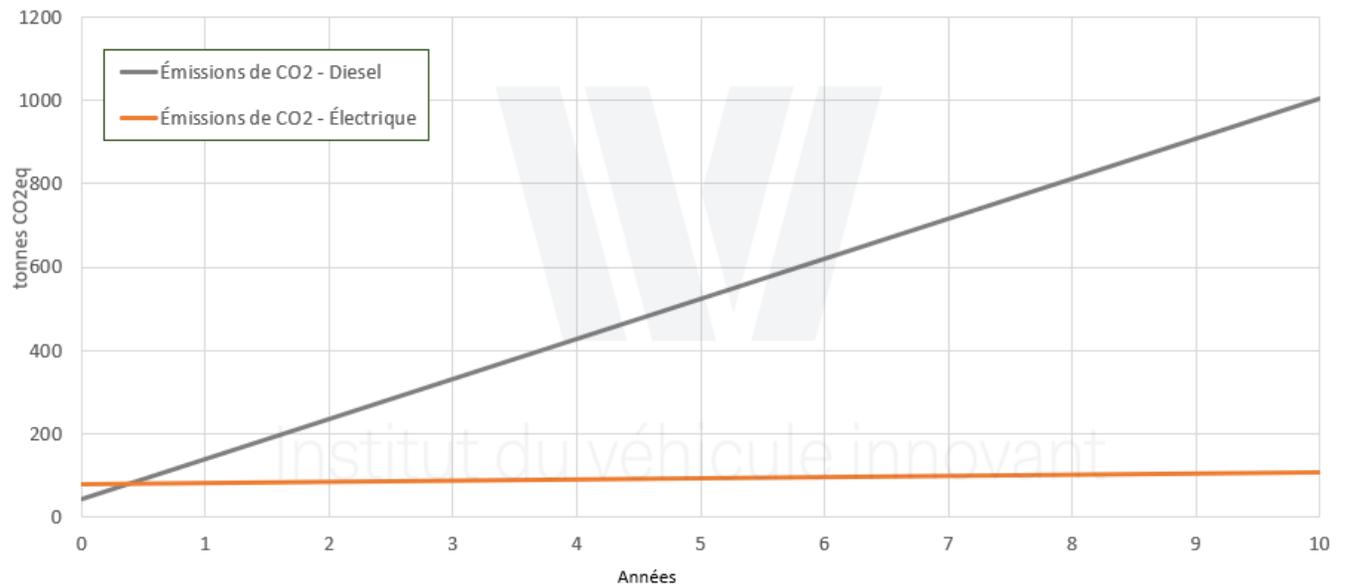
Il est quand même possible de calculer le bénéfice environnemental de l'électrification de cette route, celui-ci est représenté à la figure ci-dessous. Ce bénéfice n'est pas négligeable puisque l'électrification éviterait la propagation de plus de 895 tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent. Un camion électrique est plus polluant à produire, mais définitivement moins polluant à utiliser que son équivalent au diesel. Le point d'équivalence d'émissions cumulées de GES arriverait après seulement 32 460 km. Ces valeurs proviennent des analyses indépendantes de l'IVI, basées sur des études de l'*International Council on Clean Transportation* (ICCT) et tiennent compte des émissions de GES de la production d'électricité par barrages hydro-électriques.



## Camion # 5102

Volvo VNL 2016 | Tracteur classe 8– PNB 36 364 kg

Graphique 8: Émission sur la vie du camion 5102, Diesel vs. Électrique



L'IVI n'est pas en mesure de recommander le remplacement de l'entièreté des activités du camion 5102 par un véhicule électrique en ce moment. Compléter tous les trajets d'une journée sans recharger au dépôt requiert une batterie munie d'une énergie plus grande que celles présentement offertes sur le marché.

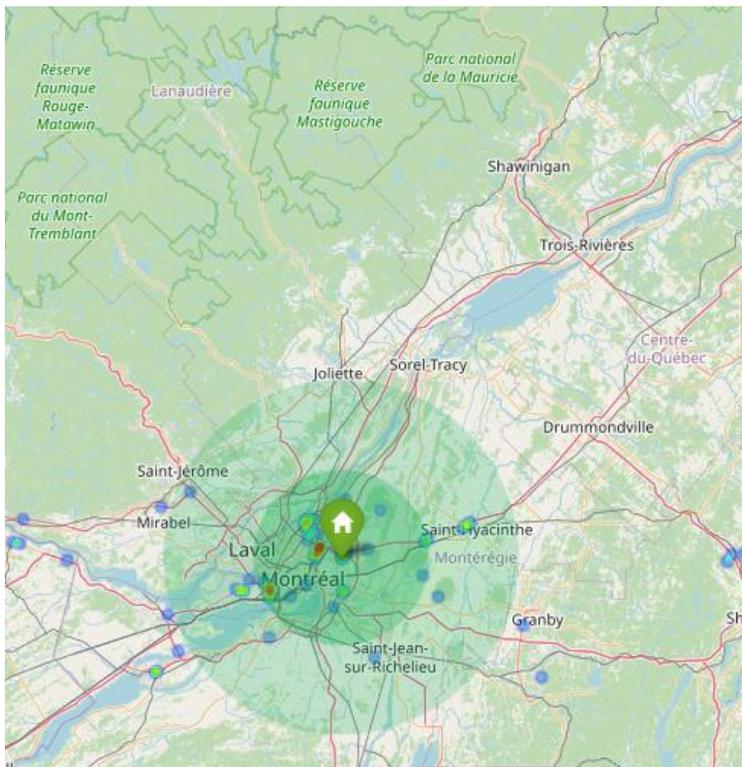
Dans l'éventualité où un camion avec une batterie de capacité nominale suffisante et ayant un poids total autorisé en charge supérieur à 38 000 kg serait sur le marché, son surcoût incluant l'infrastructure de recharge et après les subventions devrait être inférieur à 307 980 \$ pour que celui-ci soit rentable.



## 9. Analyse du camion 5095

Le camion diesel #5095 est utilisé pour effectuer divers trajets, y compris des trajets intermodaux entre l'entrepôt d'Andy transport à Boucherville et le Port de Montréal.

La carte suivante permet de visualiser la fréquence des arrêts à différents endroits. Plus les points sont gros et rouges, plus les arrêts du camion y sont fréquents :



Il est possible de voir qu'il y a beaucoup de points bleus sur la carte, ce qui indique que le camion effectuait des livraisons variées. Plusieurs points se situent dans un rayon de 25 km à partir de l'entrepôt situé à Boucherville (voir le premier cercle sur la carte). Tandis que certains trajets vont bien au-delà du deuxième cercle, qui représente un rayon de 50 km à partir du dépôt d'Andy Transport.

Il est possible de voir que l'endroit le plus visité par le camion est le port de Montréal.

Figure 4 : Fréquence des livraisons du camion 5095 dans un rayon de 25 et 50 km de l'entrepôt d'Andy Transport



En plus de ses livraisons régulières à Montréal, le camion a également effectué quelques livraisons dans les Laurentides et dans la région de la Capitale-Nationale. Ceci explique l'indice de dénivelé moyen du camion 5095, indiquant que la dépense énergétique liée à monter des côtes sera un peu plus élevée qu'un camion évoluant exclusivement sur des routes à la topographie plate.



## Camion # 5095

Volvo VNL 2016 | Tracteur classe 8– PNB 36 364 kg

Le détail des distances parcourues chaque jour de l'analyse est présenté dans les trois sections du tableau suivant. En haut se trouvent les distances principales de l'analyse et en bas, un calendrier des distances. Le dégradé des teintes permet de visualiser l'intensité des déplacements de chaque jour de plus de 20 km. Le graphique du milieu montre les moyennes de déplacement pour chaque journée de la semaine.

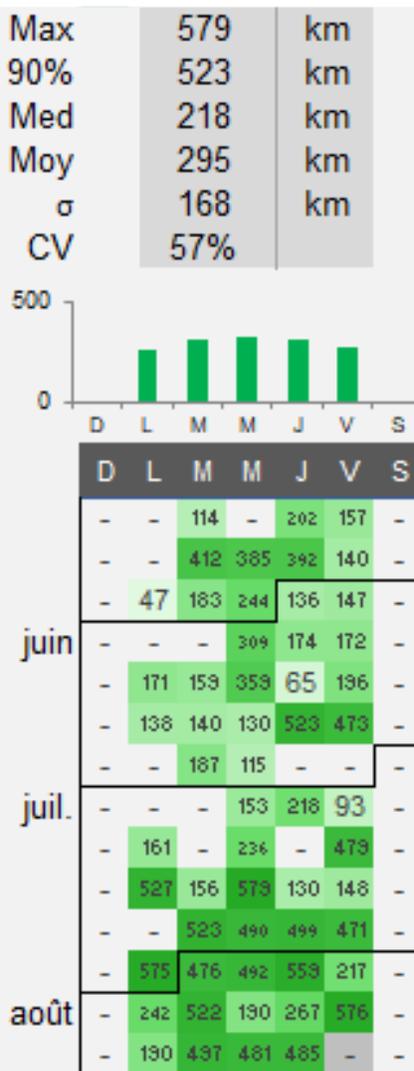
Tableau 7 : Représentation visuelle des distances parcourues quotidiennement par le camion 5095

Le camion a circulé dans une plage de 125 à 175 km quotidienne durant plus de 28 % des journées d'instrumentation. Il a également passé plus de 15 % des journées dans une plage allant de 475 à 525 km. La moyenne des trajets quotidiens parcourus par le camion durant la période d'instrumentation a été calculée à 295 km, tandis que le 90<sup>e</sup> percentile indique que le camion a parcouru des journées allant jusqu'à 523 km.

Le camion n'a pas circulé durant la fin de semaine.

En observant le calendrier, il est possible de voir un dégradé de couleur. Ce qui indique que les distances quotidiennes parcourues étaient variées. Le camion a effectué des trajets plus courts en mai et en juin, tandis qu'il a parcouru de longue distance à partir de la fin juillet jusqu'à la fin de la période d'instrumentation.

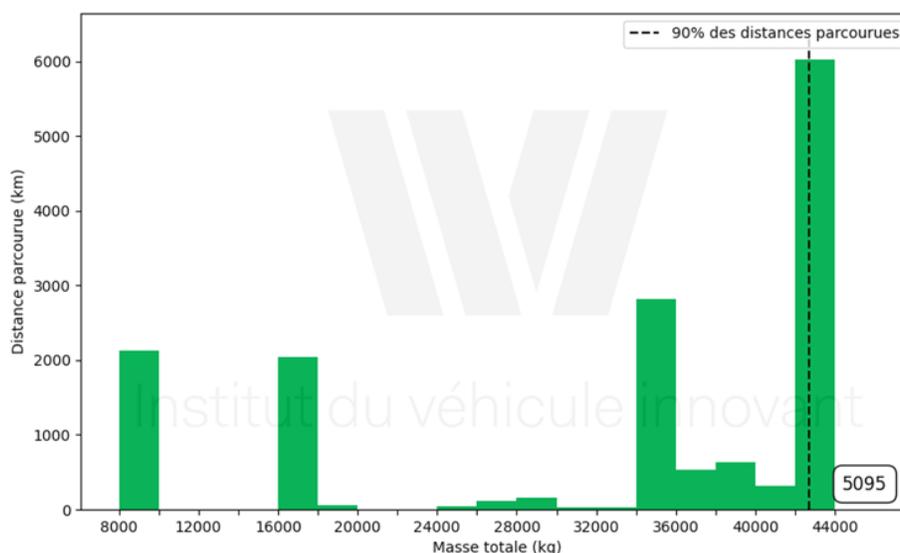
En regardant de plus près les trajets effectués par le camion 5095, il est possible de constater qu'il a effectué plusieurs trajets entre le dépôt d'Andy Transport et le port de Montréal. Il est donc envisageable de calculer l'impact d'une route dédié entre Andy et le port afin de voir s'il serait possible de créer une route pendulaire électrique pour ce client.





L'énergie requise pour les accélérations et montées varie fortement avec la masse totale du véhicule, incluant son chargement. Pour réaliser l'étude de sa consommation énergétique, le poids de la cargaison transportée a été noté pour chaque trajet. Le graphique suivant résume le chargement typiquement transporté.

Graphique 9: Proportion de la distance parcourue selon le chargement transporté du camion 5095



La masse de 8000 kg correspond au déplacement du camion *bobtail*, c'est-à-dire sans remorque. Tandis que la masse d'environ 16 000 kg correspond au déplacement du camion avec une remorque vide.

Il est possible de constater que la plupart des déplacements du camion sont faits avec un chargement au-dessus du PNB de 36 364 kg, soit le poids nominal brut maximal disponible pour un camion électrique actuellement. Il y aurait donc une pénalité de chargement dû au poids supérieur de la batterie si le camion 5095 était électrifié.

Il est important de prendre en considération l'arrivée imminente des camions électriques certifiés pour un poids supérieur à 80 000 lb.

En résumé, l'analyse des déplacements du camion 5095 permet de déterminer les grandes lignes qui affecteront son potentiel d'électrification des façons suivantes :

Tableau 8: Effet des données principales sur le potentiel d'électrification du camion 5095

| Critère             | Valeur            | Effet sur le potentiel d'électrification |
|---------------------|-------------------|--|
| Distances           | <b>Longues</b>    | -  |
| Constance           | <b>Variée</b>     | -  |
| Dénivelé            | <b>Moyen</b>      | +/-                                      |
| Recharge en journée | <b>Non</b>        | -  |
| Chargement          | <b>Très lourd</b> | -  |
| Accessoires         | <b>Aucun</b>      | +  |

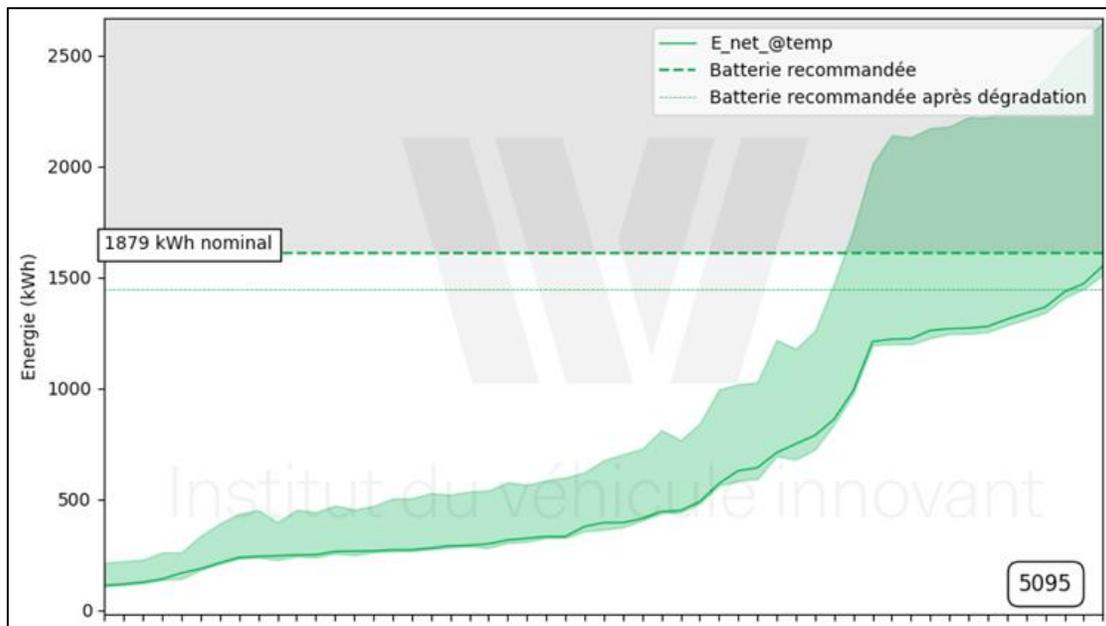


## 10. Scénario d'électrification pour le camion 5095

La distance quotidienne, les montées, le chargement et autres mesures présentées dans la section précédente ont tous été utilisés pour évaluer une consommation d'énergie électrique quotidienne en kWh. Tous les trajets de chaque journée ont été regroupés pour obtenir un aperçu de l'énergie qui serait requise par période de 24h pour compléter l'entièreté de ces trajets.

Le Graphique 10 montre la distribution de ces énergies pour chaque journée de la période d'instrumentation. Ces journées ont été réordonnées en ordre croissant de besoin énergétique quotidien. Ceci permet de mieux visualiser à quel point la configuration de batterie répondra au besoin.

Graphique 10: Journées de mesure du camion 5095, classées par ordre croissant des besoins quotidiens simulés en énergie (kWh)



### Guide d'interprétation du Graphique 10 :

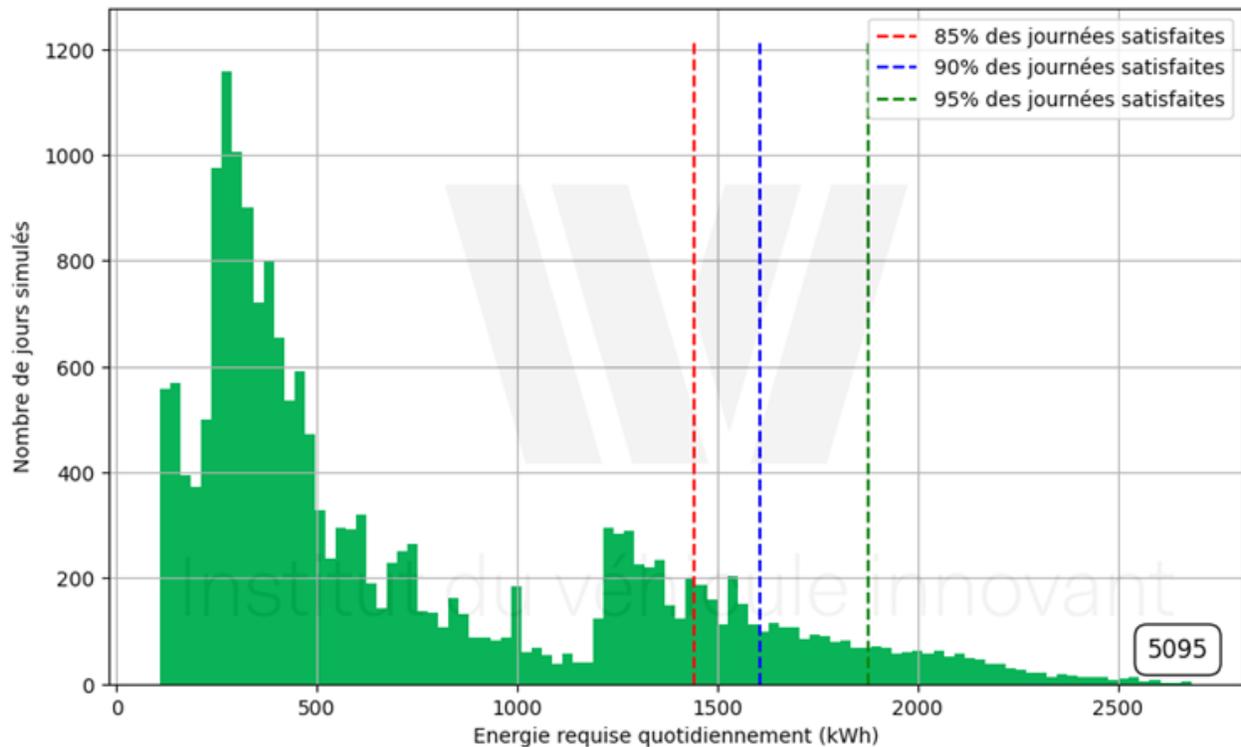
- La courbe verte du graphique ci-dessus montre l'énergie requise simulée pour un camion électrique (en kWh) pour compléter chaque journée du test à la température extérieure réelle.
- L'aire verte montre la différence d'énergie pour une même journée s'il fait chaud (20°C) ou très froid. La valeur plus élevée représente l'énergie lors d'une journée froide (-20°C).
- La zone sous la ligne pointillée horizontale représente les journées où le camion dispose d'assez d'énergie pour compléter tous les trajets de la journée.
- Un camion avec une batterie de capacité nominale de 1 879 kWh disposerait de 1 606 kWh avec marge de confort lorsque neuf (ligne horizontale pointillée épaisse), cette batterie permettrait au camion 5095 d'effectuer 90 % de ses journées.
- La zone grise représente les journées impossibles à compléter sans recharger
- La fine ligne horizontale représente l'énergie après une dégradation de 10 %. Elle permet de comparer les journées qu'il sera possible de compléter à long terme.



La consommation moyenne annualisée du camion est estimée à 259 kWh / 100 km. Elle sera plus élevée en hiver.

Le Graphique 11 représente les tailles de batteries recommandées pour accomplir 85%, 90% ou 95% des journées d’une année, sans que le camion électrique n’ait recours à la recharge en cours de journée. Pour obtenir ce graphique, l’IVI a considéré que toutes les journées de l’année ont des chances égales de se faire attribuer les routes de l’une ou l’autre des journées valides de l’échantillon récolté. L’IVI a développé une méthode pour propager sur une année les données récoltées en trois mois. Cette méthode est expliquée en détail au-dessus du Graphique 6.

Graphique 11 : Énergie consommée par jour pour les journées simulées pour le camion 5095



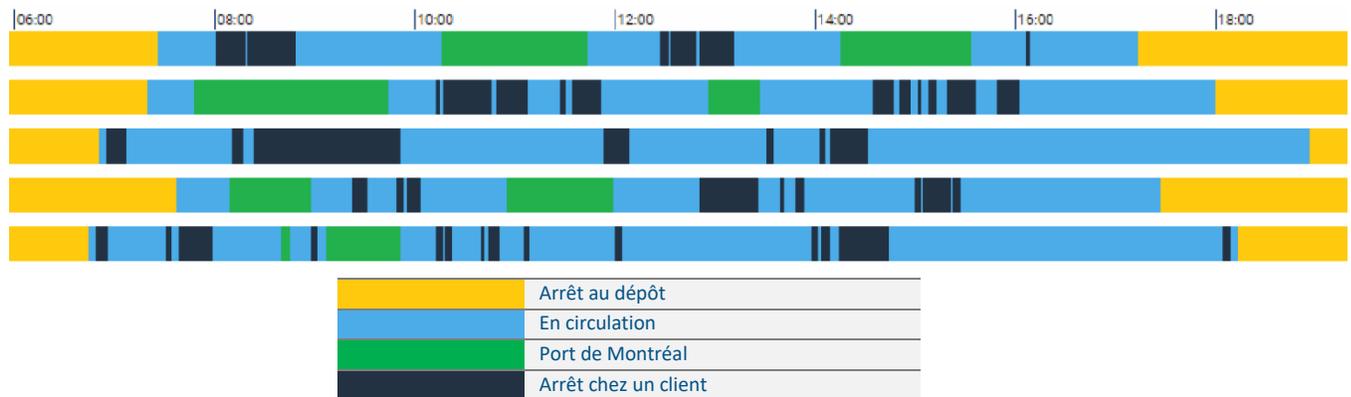
Une batterie de 1 879 kWh nominale permettrait alors de réaliser 90 % des journées sur une année moyenne en un seul cycle de décharge de la batterie, tandis qu’une batterie de 1 688 et de 2 196 kWh pourrait respectivement satisfaire 85 et 95 % des journées sur une année moyenne.

Les configurations de batteries offertes en 2024 pour les camions électriques de classes 8 sont d’environ 250 à 650 kWh. Puisque celle-ci constitue une importante partie du prix du véhicule, il est important de sélectionner la plus petite batterie qui répondra aux besoins énergétiques à long terme. À ce sujet, il est prudent de prévoir une dégradation de la batterie qui pourrait diminuer l’autonomie d’environ 10% sur la durée d’utilisation du véhicule dans la flotte.



Le Graphique 12 permet de visualiser les arrêts lors d’une semaine typique du camion 5095. Chaque bande horizontale représente un jour du lundi au vendredi, de bas en haut. L’échelle en haut du graphique représente l’heure de la journée. Les nuits ont été coupées, car il n’y avait aucun déplacement. La semaine représentée est celle du 17 au 21 juillet 2023.

Graphique 12 : Moments des déplacements et arrêts typiques du camion 5095



Le camion 5095 effectue plusieurs arrêts variés, puis il effectue au moins un arrêt par jour au port de Montréal. Le camion revient rarement au dépôt de vitesse durant la journée, donc la recharge devrait se faire entièrement la nuit.

Le camion bénéficie de plus de 12h à l’arrêt au dépôt de vitesse durant la nuit.

Une puissance de 50 kW est généralement considérée comme le standard minimal pour un camion lourd. Cette borne fournira une puissance réelle au véhicule d’environ 45 kW. Comme pour les batteries, la stratégie consiste à sélectionner la borne de recharge la moins puissante qui réponde aux besoins.

En divisant l’énergie utilisée quotidiennement par le nombre d’heures disponible pour la recharge, on arrive à la puissance de l’infrastructure requise. Celle-ci serait donc d’au moins 134 kW (1607 kWh / 12 h). Cette puissance est suffisante pour effectuer une charge complète durant la nuit. Il serait donc recommandé d’acheter une borne de 150 kW pour effectuer la charge complète en une nuit d’une batterie de capacité nominale de 1879 kWh.

Les paramètres retenus pour un scénario d’électrification du camion 5095 seraient donc les suivants :

Tableau 9: Paramètres d’électrification retenus pour le camion 5095

|  |             |
|--|-------------|
| Capacité de la batterie embarquée  | 1879 kWh    |
| Puissance de la borne de recharge  | BRCC 150 kW |
| 90 % des opérations du camion diesel pourraient être effectuées avec un camion électrique disponible à court terme ? | Non         |



## Camion # 5095

Volvo VNL 2016 | Tracteur classe 8– PNB 36 364 kg

Un véhicule muni d'une telle batterie n'est pas disponible sur le marché pour le moment. Malgré ceci, il est possible d'estimer les économies en carburant et les bénéfices environnementaux. Le scénario d'électrification précédent pourrait donc apporter les bénéfices financiers indiqués au Tableau 10, pour une utilisation sur 10 ans.

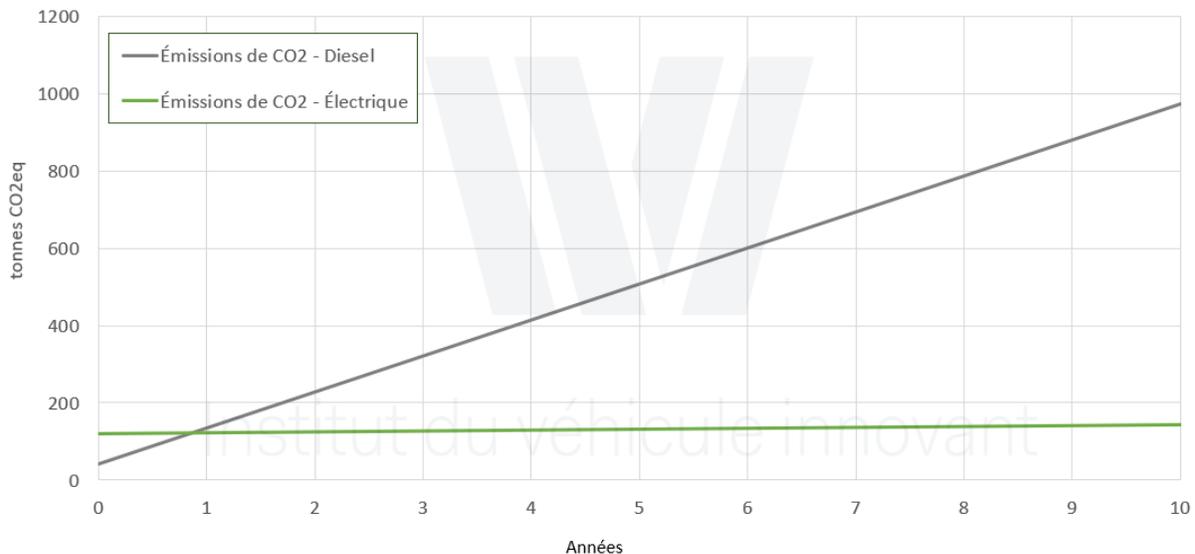
Tableau 10: Bénéfices financiers de l'électrification du camion 5095

|  |                   |
|--|-------------------|
| Coût annuel de carburant avant électrification | 54 034 \$         |
| Coût annuel d'électricité                      | 28 567 \$         |
| Économie annuelle de coûts d'énergie           | 25 467 \$         |
| <b>Bénéfice net après 10 ans</b>               | <b>254 670 \$</b> |

Sur une période de 10 ans, le camion électrique permettrait des économies d'énergie de plus de 254 670 \$. Le surcoût à l'achat d'un véhicule et de son infrastructure de recharge devrait donc être inférieur à ceci pour rentabiliser cette transition. Ces simulations simplifiées tiennent compte du coût de l'énergie et de la puissance. Le coût du diesel considéré est 2,00 \$/L et le coût de l'électricité est fixé à 0,16 \$/kWh.

Il est possible de calculer le bénéfice environnemental de l'électrification de cette route, celui-ci est représenté à la figure ci-dessous. Ce bénéfice n'est pas négligeable puisque l'électrification éviterait la propagation de plus de 828 tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent. Le point d'équivalence d'émission des GES arriverait après seulement 58 005 km. Ces valeurs proviennent des analyses indépendantes de l'IVI, basées sur des études de l'*International Council on Clean Transportation (ICCT)* et tiennent compte des émissions de GES de la production d'électricité par barrages hydro-électriques.

Graphique 13: Émission sur la vie du camion 5095, Diesel vs. Électrique





L’IVI n’est pas en mesure de recommander le remplacement de l’entièreté des activités du camion 5095 par un véhicule électrique en ce moment. Compléter tous les trajets d’une journée sans recharger au dépôt requiert une batterie munie d’une énergie plus grande que celles présentement offertes sur le marché.

Cependant, puisque plus de 15 camions effectuent des trajets intermodaux entre Andy Transport et le port de Montréal, un scénario visant à électrifier seulement cette route a été étudié ci-dessous :

Quatre trajets ont été détaillés afin d’estimer la capacité de la batterie requise pour créer une route dédiée électrique entre l’entrepôt d’Andy Transport situé à Boucherville et le Port de Montréal. Ces trajets sont ceux du 29 mai 2023, le 1er juin, le 5 juillet et le 7 août de la même année.

*Tableau 11 : Routes instrumentées entre Andy Transport et le port de Montréal (classées en fonction de la masse totale moyenne)*

| Date  | 01-juin | 05-juil | 07-août | 29-mai |
|---|---------|---------|---------|--------|
| <b>Distance : Andy vers le port (km)</b>                | 13,88   | 13,89   | 14,06   | 13,86  |
| <b>Distance : Déplacement dans le port (km)</b>         | 4,14    | 10,13   | 17,52   | 14,85  |
| <b>Distance : Port vers Andy (km)</b>                   | 15,96   | 19,25   | 19,67   | 17,37  |
| <b>Somme de distance (km)</b>                           | 33,98   | 43,28   | 51,24   | 46,09  |
| <b>Masse totale moyenne (kg)</b>                        | 18393   | 23292   | 26403   | 36920  |
| <b>Température moy (°C)</b>                             | 26,3    | 25,6    | 20,5    | 18     |
| <b>Besoin en énergie à la température mesurée (kWh)</b> | 46      | 63      | 82      | 115    |
| <b>Besoin en énergie à 20°C (kWh)</b>                   | 44      | 59      | 80      | 111    |
| <b>Besoin en énergie à -20°C (kWh)</b>                  | 89      | 115     | 154     | 217    |

La distance pour effectuer un aller-retour entre d’Andy Transport et le Port de Montréal est d’environ 32 km. Cette distance ne prend pas en compte la distance parcourue une fois dans le port, cette distance représentant entre 4 et 17 km selon les journées observée.

Donc, l’énergie requise en hiver pour effectuer un aller-retour entre Andy Transport et le port de Montréal (incluant les déplacements au port) serait entre 90 kWh et 220 kWh en fonction du chargement (vide ou plein).

Avec le trafic et le temps d’attente au port, il est envisageable que le camion réussisse à faire 2 allers-retours par quart de travail. En se basant sur la pire journée, soit celle du 29 mai, il faudrait une batterie de capacité nominale de **424 kWh** afin d’effectuer 90 % des trajets annuels avec un camion électrique. Puisque cette taille de batterie est disponible sur le marché actuel, un scénario monétaire et environnemental a été évalué avec ces spécifications. La consommation annualisée est estimée à 279,35 kWh / 100km.

Andy Transport a plusieurs camions qui effectuent des routes vers le port de Montréal. Si une route dédiée est créée, il est possible que le camion effectue 2 allers-retours par jour, 5 jours par semaine. Donc, cette route serait d’environ 23 043 km par année.

*Tableau 12 : Paramètres d’électrification retenus pour la route dédiée entre Andy Transport et le port de Montréal*

|  |            |
|--|------------|
| <b>Capacité de la batterie embarquée</b> | 424 kWh    |
| <b>Puissance de la borne de recharge</b> | BRCC 50 kW |
| <b>90 % des opérations remplies ?</b>    | Oui        |



Les calculs financiers ont été effectués en prenant en compte une puissance de recharge de **50 kW**.

Le scénario d'électrification précédent pourrait apporter les bénéfices financiers indiqués au Tableau 13. Les bénéfices sont comptabilisés sur 10 ans, soit la durée qu'Andy Transport souhaiterait conserver ce type de véhicule.

Tableau 13 : Bénéfices financiers de l'électrification d'une route dédiée entre Andy Transport et le port de Montréal

|  |                 |
|--|-----------------|
| Coût annuel de carburant avant électrification     | 18 423 \$       |
| Coût annuel d'électricité                          | 7 305 \$        |
| Économie annuelle de coûts d'énergie               | 11 118 \$       |
| <b>Surcoût total à l'achat (après subventions)</b> | 75 000 \$       |
| <b>Période de retour sur investissement</b>        | 6,7 années      |
| <b>Bénéfice net après 10 ans</b>                   | <b>38 372\$</b> |

Sur une période de 10 ans, le camion électrique permet un bénéfice net de 38 372 \$. Ces simulations tiennent compte des incitatifs actuels, de l'inflation, de la maintenance des camions, de l'énergie et de la puissance, du coût de la borne et de son installation et de son entretien. Le coût du diesel considéré est 2,00 \$/L et le coût de l'électricité est fixé à 0,12 \$/kWh.

Le bénéfice environnemental de cette route n'est pas négligeable puisque l'électrification éviterait la propagation de plus de 290 tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent sur une période de possession de 10 ans. Le point d'équivalence d'émission des GES arriverait après seulement 14 043 km. Ces valeurs viennent des analyses indépendantes de l'IVI, basées sur des études de l'International Council on Clean Transportation (ICCT) et tiennent compte des émissions de GES de la production d'électricité par barrages hydro-électriques.

La route entre le port de Montréal et l'entrepôt de Boucherville d'Andy Transport démontre un potentiel d'électrification. C'est-à-dire que l'IVI recommande son électrification puisque la batterie recommandée est dans l'intervalle des batteries disponibles sur le marché. Un gain environnemental important ainsi qu'un léger gain monétaire sont envisageables.



## 11. Analyse du camion 5315

Le camion 5315 est utilisé pour effectuer des tournées de ramassages, traduction de l'anglais « milk run », chez un client situé à Montréal. La flotte de Andy est composée d'environ 15 camions effectuant des routes similaires à celle du 5315. Le camion 5315 utilise une remorque à plateau.

La carte suivante permet de visualiser la fréquence des arrêts à différents endroits. Plus les points sont gros et rouges, plus les arrêts du camion y sont fréquents :

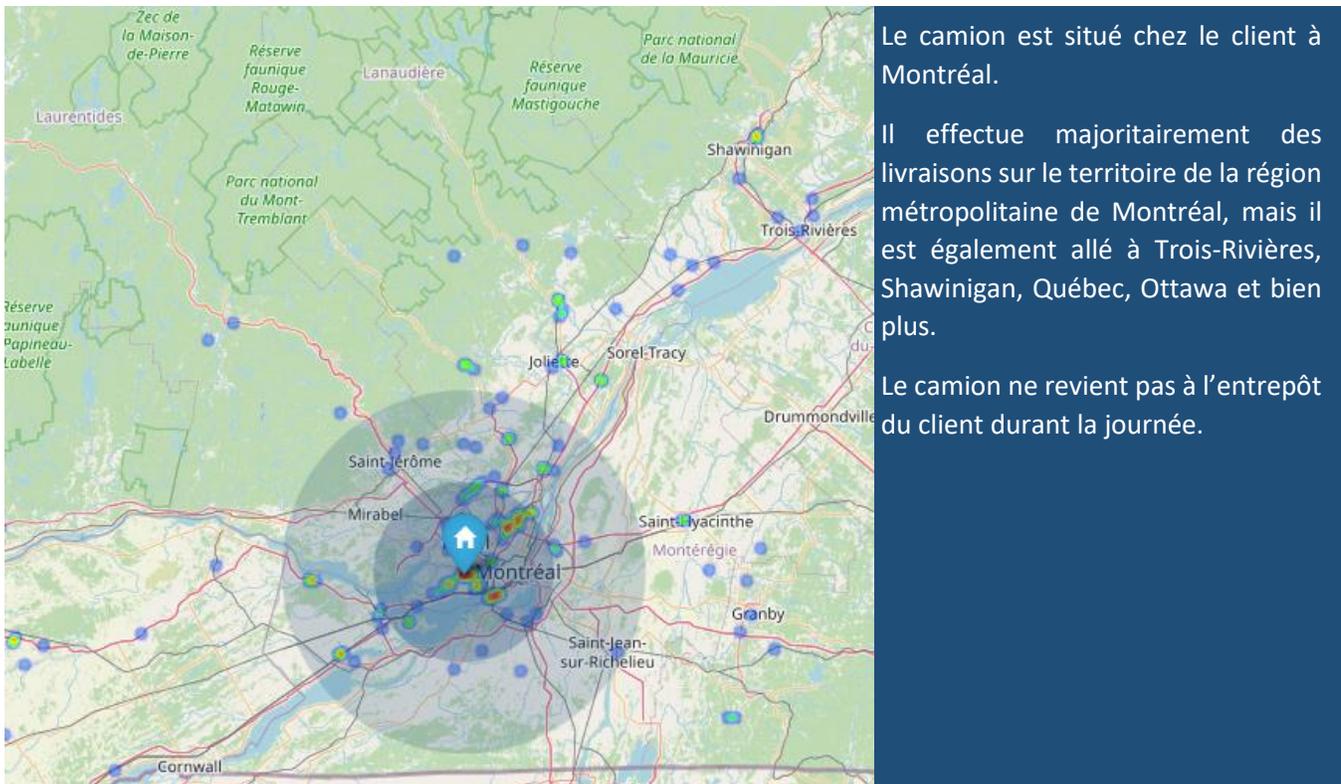


Figure 5 : Fréquence des livraisons du camion 5315 dans un rayon de 25 et 50 km de l'entrepôt d'Andy Transport

Dénivelé faible



Cet indice de côtes à gravir indique que le camion 5315 devra monter en moyenne un dénivelé positif de 2,4 mètres pour chaque kilomètre parcouru. Ce dénivelé est plutôt faible, mais correspond bien au territoire majoritairement parcouru par le camion, soit Montréal et la Montérégie.



## Camion # 5315

Volvo VNL 2016 | Tracteur classe 8– PNB 36 364 kg

Le détail des distances parcourues chaque jour de l'analyse est présenté dans les trois sections du tableau suivant. En haut se trouvent les distances principales de l'analyse et en bas, un calendrier des distances. Le dégradé des teintes permet de visualiser l'intensité des déplacements de chaque jour de plus de 20 km. Le graphique du milieu montre les moyennes de déplacement pour chaque journée de la semaine.

Tableau 14 : Représentation visuelle des distances parcourues quotidiennement par le camion 5315

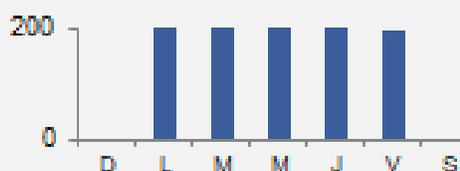
Dans la première section du Tableau 14, il est possible de constater que le 90e percentile est plutôt élevé, soit 517 km.

En observant l'histogramme, il est possible de constater qu'il n'y a pas de variation des distances en fonctions des jours de la semaine.

Le calendrier suivant indique les déplacements effectués durant chaque jour où le camion a été instrumenté. Le dégradé de couleurs indique que les distances quotidiennes parcourues sont variées et qu'il n'y a pas de trajet type parcouru par le camion.

Le camion a effectué plus de 20 % de ses déplacements entre 275 et 375 km quotidiennement et plus de 10 % en haut de 425 km quotidiennement.

|          |     |    |
|----------|-----|----|
| Max      | 636 | km |
| 90%      | 517 | km |
| Med      | 248 | km |
| Moy      | 279 | km |
| $\sigma$ | 161 | km |
| CV       | 58% |    |

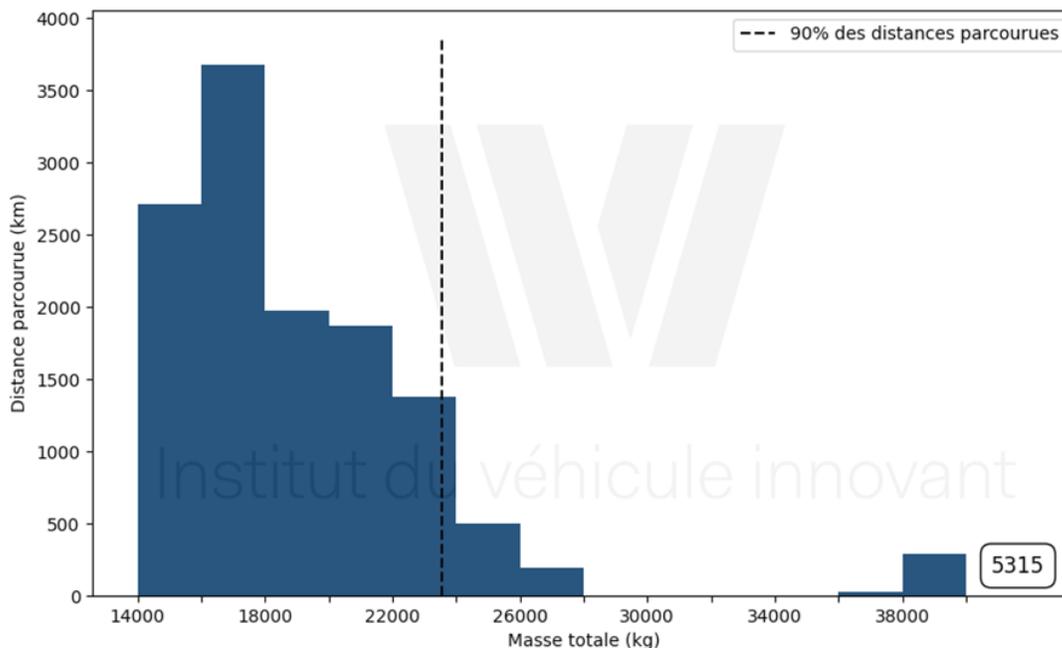


|       | D | L   | M   | M   | J   | V   | S |
|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|       | - | -   | -   | -   | -   | -   | - |
|       | - | -   | -   | 91  | 74  | 53  | - |
|       | - | 344 | 161 | -   | 248 | -   | - |
| juin  | - | 156 | 210 | 358 | 138 | 171 | - |
|       | - | 316 | 126 | 94  | 141 | 161 | - |
|       | - | 317 | 309 | 362 | 249 | -   | - |
|       | - | 388 | 342 | 368 | 253 | -   | - |
| juil. | - | 100 | 515 | 430 | 607 | 171 | - |
|       | - | 226 | 462 | 432 | 542 | 204 | - |
|       | - | 147 | 313 | 111 | 478 | 556 | - |
|       | - | 466 | 73  | -   | -   | -   | - |
|       | - | -   | -   | -   | -   | 207 | - |
| août  | - | 200 | -   | 318 | 147 | 60  | - |
|       | - | 636 | 130 | 629 | 278 | -   | - |
|       | - | -   | -   | -   | -   | -   | - |
|       | - | -   | -   | -   | -   | -   | - |



L'énergie requise pour les accélérations et montées varie fortement avec la masse totale du véhicule, incluant son chargement. Pour réaliser l'étude de sa consommation énergétique, le poids de la cargaison transportée a été noté pour chaque trajet. Le graphique ci-dessous résume le chargement typiquement transporté.

Graphique 14: Proportion de la distance parcourue selon le chargement transporté du camion 5315



La masse totale du camion 5315 ne dépasse que très rarement les 28 000 kg. Un camion électrique avec une batterie d'environ 2 000 kg ne créerait pas de surpoids et n'impacterait pas le chargement de ce camion.

En résumé, l'analyse des déplacements du camion 5315 permet de déterminer les grandes lignes qui affecteront son potentiel d'électrification des façons suivantes :

Tableau 15 : Effet des données principales sur le potentiel d'électrification du camion 5315

| Critère             | Valeur  | Effet sur le potentiel d'électrification |
|---------------------|---------|--|
| Distances           | Longues | -  |
| Constance           | Variée  | -  |
| Dénivelé            | Faible  | +  |
| Recharge en journée | Non     | -  |
| Chargement          | Moyen   | +  |
| Accessoires         | Aucun   | +  |

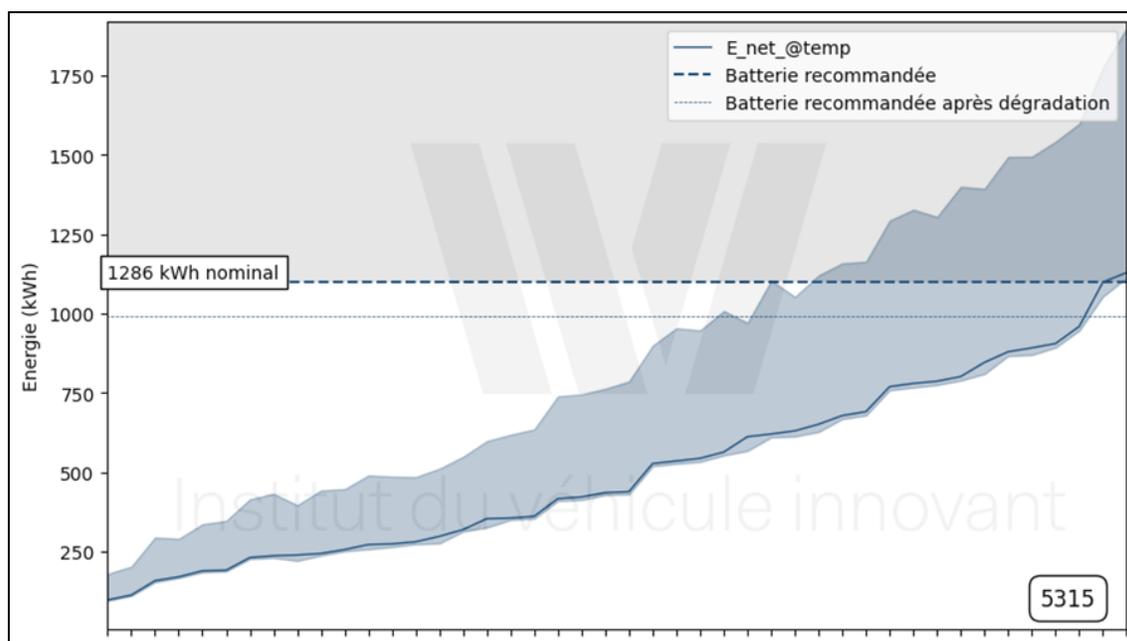


## 12. Scénario d'électrification pour le camion 5315

La distance quotidienne, les montées, le chargement et autres mesures présentées dans la section précédente ont tous été utilisés pour évaluer une consommation d'énergie électrique quotidienne en kWh. Tous les trajets de chaque journée ont été regroupés pour obtenir un aperçu de l'énergie qui serait requise par période de 24h pour compléter l'entièreté de ces trajets.

Le Graphique 15 montre la distribution de ces énergies pour chaque journée de l'analyse. Ces journées ont été réordonnées en ordre croissant de besoin énergétique quotidien. Ceci permet de mieux visualiser à quel point la configuration de batterie répondrait au besoin.

Graphique 15: Journées de mesure du camion 5315, classées par ordre croissant des besoins quotidiens simulés en énergie (kWh)



Guide d'interprétation du Graphique 15 :

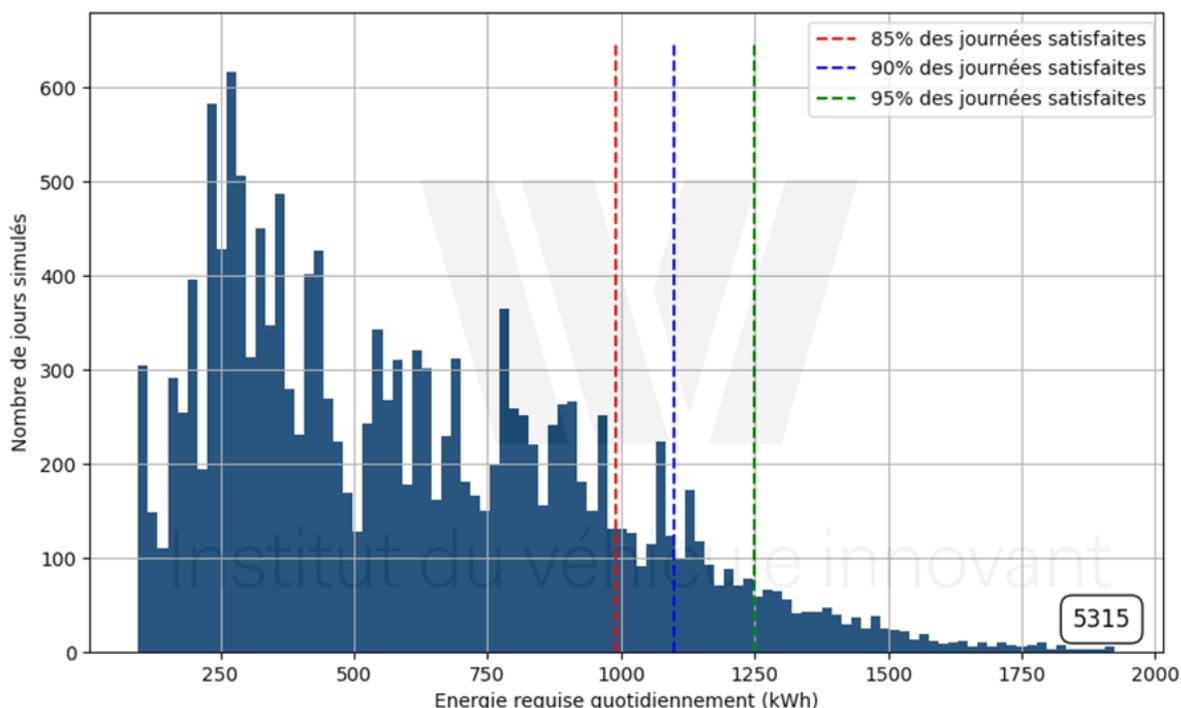
- La courbe bleue du graphique ci-dessus montre l'énergie requise simulée pour un camion électrique (en kWh) pour compléter chaque journée du test à la température extérieure réelle.
- L'aire bleue montre la différence d'énergie pour une même journée s'il fait chaud (20°C) ou très froid. La valeur plus élevée représente l'énergie lors d'une journée froide (-20°C).
- La zone sous la ligne pointillée horizontale représente les journées où le camion dispose d'assez d'énergie pour compléter tous les trajets de la journée.
- Un camion avec une batterie de capacité nominale de 1 286 kWh disposerait de 1 100 kWh avec marge de confort lorsque neuf (ligne horizontale pointillée épaisse), cette batterie permettrait au camion 5315 d'effectuer 90 % de ses journées.
- La zone grise représente les journées impossibles à compléter sans recharger
- La fine ligne horizontale représente l'énergie après une dégradation de 10 %. Elle permet de comparer les journées qu'il sera possible de compléter à long terme.



La consommation moyenne du camion annualisée est estimée à 211 kWh / 100 km. Elle sera plus élevée en hiver.

Le Graphique 16 représente les tailles de batteries recommandées pour accomplir 85%, 90% ou 95% des journées d’une année, sans que le camion électrique n’ait recours à la recharge en cours de journée. Pour obtenir ce graphique, l’IVI a considéré que toutes les journées de l’année ont des chances égales de se faire attribuer les routes de l’une ou l’autre des journées valides de l’échantillon récolté. L’IVI a développé une méthode pour propager sur une année les données récoltées en trois mois. Cette méthode est expliquée en détail au-dessus du Graphique 6.

Graphique 16 : Énergie consommée par jour pour les journées simulées pour le camion 5315



Une batterie de 1 286 kWh nominale permettrait alors de réaliser 90 % des journées sur une année moyenne en un seul cycle de décharge de la batterie, tandis qu’une batterie de 1 160 et de 1 461 kWh pourrait respectivement satisfaire 85 % et 95 % des journées sur une année moyenne.

Les configurations de batteries offertes en 2024 pour les camions électriques de classes 8 vont d’environ 250 à 650 kWh. Puisque celle-ci constitue une importante partie du prix du véhicule, il est important de sélectionner la plus petite batterie qui répondra aux besoins énergétiques à long terme. À ce sujet, il est prudent de prévoir une dégradation de la batterie qui pourrait diminuer l’autonomie d’environ 10% sur la durée d’utilisation du véhicule dans la flotte.

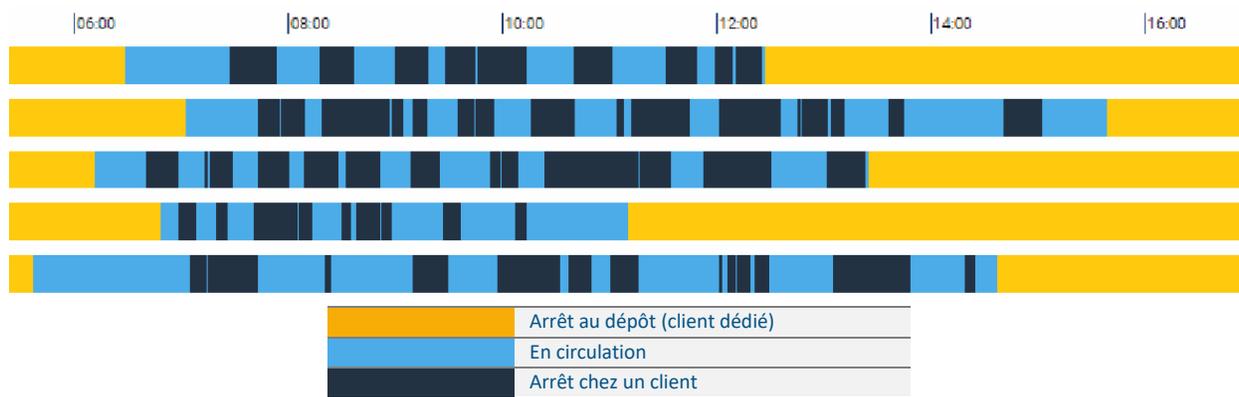


## Camion # 5315

Volvo VNL 2016 | Tracteur classe 8– PNB 36 364 kg

Le Graphique 17 permet de visualiser les arrêts lors d'une semaine typique du camion 5315. Chaque bande horizontale représente un jour du lundi au vendredi, de bas en haut. L'échelle en haut du graphique représente l'heure de la journée. Les nuits ont été coupées, car il n'y avait aucun déplacement. La semaine représentée est celle du 12 au 16 juin 2023.

Graphique 17 : Moments des déplacements et arrêts typiques du camion 5315



Le camion 5315 quitte le dépôt vers 6h le matin et il revient entre 13h et 16h. Durant une journée typique, le camion pourrait donc profiter d'une durée de recharge allant jusqu'à 14h.

Une puissance de 50 kW est généralement considérée comme le standard minimal pour un camion lourd. Cette borne fournira une puissance réelle au véhicule d'environ 45 kW. Comme pour les batteries, la stratégie consiste à sélectionner la borne de recharge la moins puissante qui réponde aux besoins.

En divisant l'énergie utilisée quotidiennement par le nombre d'heures disponible pour la recharge, on obtient la puissance de l'infrastructure de recharge requise. Celle-ci serait donc d'au moins 78,6 kW (1 100 kWh / 14 h). Cette puissance est suffisante pour effectuer une charge complète durant la nuit.

Les paramètres retenus pour un scénario d'électrification du camion 5315 seraient donc les suivants :

Tableau 16: Paramètres d'électrification retenus pour le camion 5315

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Capacité de la batterie embarquée</b>  | 1 286 kWh   |
| <b>Puissance de la borne de recharge</b>  | BRCC 100 kW |
| <b>90 % des opérations du camion diesel pourraient être effectuées avec un camion électrique disponible à court terme ?</b> | Non         |

Un véhicule muni d'une telle batterie n'est pas disponible sur le marché pour le moment. Malgré ceci, il est possible d'estimer les économies en carburant et les bénéfices environnementaux. Le scénario d'électrification précédent pourrait apporter les bénéfices financiers indiqués au Tableau 17.



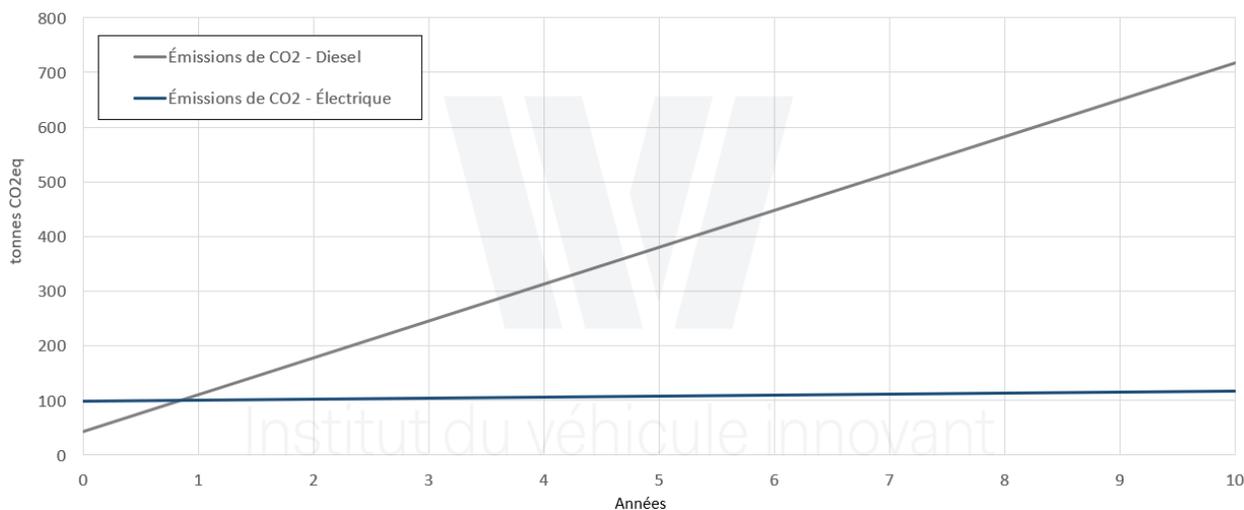
Tableau 17: Bénéfices financiers de l'électrification du camion 5315

|  |                   |
|--|-------------------|
| Coût annuel de carburant avant électrification | 39 060 \$         |
| Coût annuel d'électricité                      | 19 185 \$         |
| Économie annuelle de coûts d'énergie           | 19 875 \$         |
| <b>Bénéfice net après 10 ans</b>               | <b>198 750 \$</b> |

Sur une période de 10 ans, le camion électrique permettrait des économies d'énergie de plus de 198 750 \$. Le surcoût à l'achat d'un véhicule et de son infrastructure de recharge devrait donc être inférieur à ceci pour rentabiliser cette transition. Ces simulations tiennent compte du coût de l'énergie et de la puissance. Le coût du diesel considéré est 2,00 \$/L et le coût de l'électricité est fixé à 0,16 \$/kWh.

Il est possible de calculer le bénéfice environnemental de l'électrification de cette route, celui-ci est représenté à la figure ci-dessous. Ce bénéfice n'est pas négligeable puisque l'électrification éviterait la propagation de plus de 599 tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent. Le point d'équivalence d'émission des GES arriverait après seulement 45 925 km. Ces valeurs viennent des analyses indépendantes de l'IVI, basées sur des études ICCT et tiennent compte des émissions de GES de la production d'électricité par barrages hydro-électriques.

Graphique 18: Émission sur la vie du camion 5315, Diesel vs. Électrique



L'IVI n'est pas en mesure de recommander le remplacement de l'entièreté des activités du camion 5315 par un véhicule électrique en ce moment. Compléter tous les trajets d'une journée sans recharger au dépôt requiert une batterie munie d'une énergie plus grande que celles présentement offertes sur le marché.

## 13. Conclusions et recommandations

L'analyse des trois camions diesel instrumentés chez Andy Transport a apporté beaucoup d'informations sur le potentiel d'électrification de ceux-ci. En plus du kilométrage quotidien, les habitudes de déplacements de chaque camion ont permis d'élaborer un score d'adéquation avec les camions lourds électriques actuellement offerts sur le marché, que voici :

Tableau 18: Recommandation d'électrification des camions d'Andy Transport

| Véhicule   |      | Camion 5102 | Camion 5095        | Camion 5315 |
|--|------|-------------|--------------------|-------------|
| <b>Potentiel d'électrification (/10)</b>   |      | <b>2,4</b>  | <b>3,8</b>         | <b>2,2</b>  |
| Recommandation d'électrification de l'IVI  |      | Non         | Oui/Non            | Non         |
| Capacité totale de la batterie nécessaire pour effectuer un certain pourcentage des déplacements annuels | 85 % | 795 kWh     | 1688 kWh           | 1160 kWh    |
|  | 90 % | 876 kWh     | 424 kWh / 1879 kWh | 1286 kWh    |
|  | 95 % | 976 kWh     | 2196 kWh           | 1461 kWh    |
| Puissance de la borne de recharge afin d'effectuer 90 % des déplacements annuels                         |      | 100 kW      | 50 kW/ 150 kW      | 100 kW      |

La note accordée au potentiel d'électrification est obtenue en donnant une pondération aux critères les plus importants apportés par cette analyse, soit la proportion des jours réalisables, la nécessité d'adapter les opérations ou non pour y arriver, le délai avant d'arriver au point d'équivalence, les bénéfices sur la durée d'utilisation, et la présence d'accessoires difficiles à électrifier.

Bien entendu, ce score est valide au moment de la parution de ce rapport. L'évolution des prix, capacités des batteries et disponibilité des accessoires amènera probablement une amélioration de ces scores avec le temps.

Dans le cas d'Andy Transport, les distances parcourues ainsi que les chargements mesurés sur les routes des 3 camions instrumenter sont trop importantes pour permettre une transition directe vers des camions électriques en date de l'écriture de ce rapport.

Cependant, ils ont plusieurs camions qui ont effectué des trajets entre le dépôt d'Andy Transport et le port de Montréal. Cette route a été étudiée et après une discussion avec le gestionnaire de flotte, il a été déterminé qu'il serait envisageable de mettre un camion électrique dédié pour le port de Montréal. Ce camion permettrait des économies de 38 372 \$ sur sa période d'utilisation ainsi que des économies de 290 tonnes de CO<sub>2</sub>eq. L'IVI recommande fortement l'électrification de cette route, car elle permettra à Andy Transport de se familiariser avec la venue des camions électriques, tout en étant relativement facile à implanter.

Les recommandations émises dans le présent rapport considèrent une batterie neuve et non dégradée. Il est important de constater qu'avec le temps et les cycles de recharge, une dégradation de l'ordre de 10 % ou plus pourrait apparaître, réduisant d'autant l'autonomie d'un véhicule électrique.

Les trois camions instrumentés lors de ce test sont arrêtés longtemps la nuit. Dans son analyse, l'IVI a considéré chaque minute passée au dépôt d'Andy Transport comme étant propice à la recharge, alors que ceci pourrait être moindre si le chargement de la cargaison prend beaucoup de temps, par exemple. Le dimensionnement de la borne doit être fait en conséquence de la route à électrifier tout en favorisant la borne la moins puissante possible. Il faudra faire attention de positionner une borne à un endroit permettant de recharger le véhicule pendant qu'on y ajoute les marchandises, ou de le rebrancher après. Aussi, plusieurs bornes de recharge rapide publiques pour les camions lourds apparaîtront sous peu au Québec. L'utilisation de ces bornes pourrait être avantageuse pour un camion qui n'a pas l'habitude de repasser au dépôt durant la journée.

Le présent rapport fait l'état des possibilités d'électrification pour trois camions de la flotte d'Andy Transport. Ces véhicules ont été choisis sur le volet par l'IVI et le participant pour répondre aux questionnements des gestionnaires de flotte et pour leurs déplacements limités pouvant produire des candidats à l'électrification. Il ne faut donc pas utiliser ces résultats comme généralisation quant au potentiel d'électrification de l'entièreté du parc d'Andy Transport, ni comme des camions lourds de classes 6 à 8 en général. Le but de ce document n'est pas de produire un diagnostic sur un échantillon représentatif de ce marché.

## 14. Sources des données

Les données utilisées dans le présent rapport viennent des sources suivantes. Au besoin, plus de précisions pourraient être données à la demande d'un participant.

### Historique du prix du carburant :

- <https://www150.statcan.gc.ca/>

### Données météorologiques :

- <https://open-meteo.com>

### Données sur les émissions de GES pour la fabrication de véhicules et de batteries :

- Nom du document : Automotive Li-Ion Batteries: Current Status and Future Perspectives, Argonne National Lab, auteurs : Dr. Y. L. Ding, Z. P. Cano, Prof. A. P. Yu, Prof. Z. W. Chen, lien : <https://www.osti.gov/pages/servlets/purl/1561559>
- [https://theicct.org/sites/default/files/publications/Global-LCA-passenger-cars-jul2021\\_0.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/Global-LCA-passenger-cars-jul2021_0.pdf)
- <https://www.ghgenius.ca/index.php>

### Coût des véhicules électriques :

- Données publiées dans les médias et données privilégiées obtenues de partenaires

### Données scientifiques pour les calculs énergétiques :

- Projets antérieurs de l'IVI
- <https://x-engineer.org/drivetrain-losses-efficiency/>
- [https://www.researchgate.net/figure/Drag-coefficient-of-different-vehicles-type-1\\_fig1\\_331695168](https://www.researchgate.net/figure/Drag-coefficient-of-different-vehicles-type-1_fig1_331695168)

## 15. Informations et contact

Si vous avez des questions à la suite de la lecture du présent rapport, vous pouvez contacter l'équipe du projet à l'aide des informations ci-dessous :

Institut du véhicule innovant

100, rue Claude-Audy, Saint-Jérôme (Québec), J5L 0J2

450-431-5744 x 261 | [flotte@ivisolutions.ca](mailto:flotte@ivisolutions.ca)

Plusieurs publications auxquelles l'IVI a participé pourront aider le gestionnaire de flotte dans sa démarche d'électrification. Celles-ci peuvent être trouvées à l'adresse suivante :

- <https://www.ivisolutions.ca/ressources-consultables/>

## 16. Remerciements

Ce projet est réalisé grâce à la participation financière du gouvernement du Québec dans le cadre du programme Action-Climat Québec et rejoint les objectifs du Plan pour une économie verte 2030.



L'équipe tient également à remercier Hydro-Québec pour son implication à titre de partenaire majeur.



Enfin, l'équipe tient à remercier tous les partenaires du projet Flotte Rechargeable – Camions Lourds. Leur dévouement, leur professionnalisme et leur coopération ont été d'une haute importance pour l'achèvement de ce rapport.



*La collecte de données pour cette phase du projet a notamment été rendue possible en utilisant les appareils GO de :*

