

Modèle d'affaires équipement en tant que service : une valeur
ajoutée pour les équipements véhiculaires

par

Roger CONSTANTIN

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE
LA MAÎTRISE EN GESTION DE L'INNOVATION
M.Sc.A.

MONTRÉAL, LE 20 SEPTEMBRE 2023 AU BUREAU DES CYCLES
SUPÉRIEURS

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

©Tous droits réservés, Roger Constantin, 2023

PRÉSENTATION DU JURY
CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ
PAR UN JURY COMPOSÉ DE :

M. Michel Rioux directeur du mémoire
Génie et systèmes à l'École de technologie supérieure

M. Tony Wong, président du jury
Génie et systèmes à l'École de technologie supérieure

M. Mickaël Gardoni, membre du jury
Génie et systèmes à l'École de technologie supérieure

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 24 AOÛT 2023

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

AVANT-PROPOS

Dans le cadre du présent mémoire, le plus grand défi fut d'élaborer une méthodologie pour présenter le sujet. La faible disponibilité d'articles en a complexifié la rédaction. Les prochains chapitres présenteront le tout.

Un élément qui a favorisé la méthodologie retenue est la bonne compréhension de la communauté des équipements véhiculaires. L'utilisation de ces mots n'est pas anodine puisqu'elle fait directement le lien avec le sujet du mémoire, soit les équipements en tant que service.

Le mémoire se veut aussi une sensibilisation pour la communauté académique de la fonction de gestionnaire de parc d'équipements véhiculaires. On a souvent tendance à l'inclure dans une fonction plus large, soit celui du transport et de la logistique.

Il permettra de mieux positionner la fonction dans une organisation pour ainsi saisir l'importance du rôle. De plus, le contexte actuel de la transition énergétique requiert des connaissances et des expertises renouvelées pour assurer la pérennité des parcs d'équipements véhiculaires.

En espérant que cette réalité soit bien communiquée tout au long du présent mémoire.

REMERCIEMENTS

La rédaction d'un mémoire repose évidemment sur les efforts de l'auteur, mais aussi avec le soutien de plusieurs personnes. Le support de mon directeur de recherche, Michel Rioux fut essentiel pour me permettre de rédiger le présent document en encadrant ma démarche et proposant des avenues à considérer. Je veux aussi remercier les membres du jury d'avoir accepté de juger le présent mémoire. : Tony Wong et Mickaël Gardoni.

Je remercie 7GEN pour m'avoir accordé la permission d'utiliser leur modèle financier et d'avoir partagé leurs connaissances et leurs expériences dans l'électrification des transports. Le support de Frans Tjallingii, Frédéric Bel, Brian Pepper et Simon Baribeau est à souligner.

Le client, qui a partagé son apprentissage des dernières années dans l'électrification de camions lourds au Québec en plus de partager des informations cruciales pour mener à bien les différents scénarios en lien avec le modèle présenté, mérite aussi d'être souligné.

Les gens d'Énergir, Simon Roberge et Julien Dolléans ont permis l'utilisation d'une quantité impressionnante de données pour valider certains aspects importants du modèle.

Le soutien de Raymond Gauvreau, Mario Gionet, Rodrigue Michaud et Yves D'amour pour la lecture et leurs judicieux conseils est aussi à mentionner.

En terminant, je veux souligner mon entourage familial, Luce, Samuel, Justine et Sandrine, qui m'ont constamment supporté et conseillé.

À toutes ces personnes, je dis un grand merci.

Modèle d'affaires équipement en tant que Service : une valeur ajoutée pour les équipements véhiculaires

ROGER CONSTANTIN

RÉSUMÉ

La transition énergétique est à nos portes et la communauté des équipements véhiculaires est actuellement sollicitée pour contribuer à la réduction de l'empreinte environnementale. Actuellement, le développement par les manufacturiers de véhicules légers et lourds utilisant des énergies alternatives est en progression. Ce développement technologique mène à la révision des modes opérationnels des organisations. Dans ce contexte, les clients de ces équipements doivent composer avec une nouvelle technologie, souvent entre l'électricité ou l'hydrogène pour alimenter les batteries. L'évaluation des infrastructures requises pour les bornes de recharge est aussi un défi. Comme on peut le constater, la tâche s'annonce énorme et complexe.

Pour aider à cette transition, la commercialisation des véhicules légers et lourds peut s'appuyer sur le modèle d'affaires équipements en tant que service. Ce modèle est actuellement utilisé dans le secteur des équipements manufacturiers mais peu pour des équipements véhiculaires. En Europe, des manufacturiers de véhicules, utilisant l'électricité ou l'hydrogène pour alimenter les batteries, proposent le modèle d'affaires « Truck as a Service (TaaS) » à des clients de camions lourds.

Ce mémoire veut initier une discussion sur le modèle au Québec en démontrant son utilité avec les données réelles d'un client. Pour atteindre cet objectif, une jeune pousse ayant développé une approche « Electric Vehicle as a Service (EVaaS) » a accepté de collaborer aux analyses économiques. On comparera les résultats du modèle avec celui d'un client dans une situation réelle d'utilisation d'un camion lourd à batteries électriques.

L'objectif fondamental du mémoire étant de vulgariser le modèle d'affaires EaaS, la contribution des gens de l'industrie des véhicules et camions fut un atout majeur dans la rédaction du mémoire. Cette contribution s'est traduite par l'apport de connaissances et d'expertises qui permirent d'élaborer une analyse de cas réel. Les résultats de cette analyse sont prometteurs et pourront être bonifiés avec les différents projets en cours dans diverses organisations tant en Amérique du Nord qu'en Europe.

Mots-clés : équipements en tant que service, servicisation, payé à l'utilisation, coût total de possession

Equipment-as-a-Service business model: adding value for vehicle equipment.

ROGER CONSTANTIN

ABSTRACT

The energy transition is upon us, and the vehicle equipment community is currently being asked to help reduce the environmental footprint. Currently, the development by manufacturers of light and heavy vehicles using alternative energies is progressing. This technological development leads to the revision of the operational modes of organizations. In this context, customers of its equipment must deal with new technology, often between electricity or hydrogen to power the batteries. Assessing the infrastructure required for charging stations is also a challenge. As we can observe, the task promises to be enormous and complex.

To help with this transition, the marketing of light and heavy vehicles can rely on the “Equipment as a Service” business model. This model is currently used in the manufacturing equipment sector but little for vehicular equipment. In Europe, vehicle manufacturers using electricity or hydrogen to power batteries are offering the «Truck as a Service (TaaS)» business model to heavy truck customers.

This dissertation aims to initiate a discussion on the model in Quebec by demonstrating its usefulness with real data from a client. To achieve this objective, a start-up that has developed an “Electric Vehicle as a Service (EVaaS)” approach has agreed to collaborate on economic analyses. We will compare the results of the model within a real situation of use of a heavy truck with electric batteries.

The fundamental objective of the dissertation being to popularize the EaaS business model, the contribution of people from the vehicle and truck industry was a major asset in the writing of the dissertation. This contribution resulted in the provision of knowledge and expertise which made it possible to develop a real case analysis. The results of this analysis are promising and could be improved with the various projects currently underway in various organizations both in North America and in Europe.

Keywords: equipment as a service, servitization, pay-per-use, total cost of ownership

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE	9
1.1 Empreinte environnementale	10
1.2 Énergies émergentes	14
1.2.1 Électricité	14
1.2.2 Hydrogène.....	18
1.2.3 Biocarburants	19
1.2.4 Les minéraux critiques et stratégiques (MCS).....	20
1.3 Durée de vie économique.....	23
1.3.1 Coût total de possession (CTP).....	24
1.3.2 Analyse des coûts du cycle de vie (ACCV).....	27
1.3.3 Analyse cycle de vie	30
1.3.4 Modèle de remplacement – Limite des dépenses d’entretien	33
1.3.4.1 Modèle NAVFAC.....	34
1.4 Modèles d’affaires EaaS	35
1.4.1 Définition de l’EaaS.....	36
1.4.2 Littératures sur le EaaS	38
1.5 Le chemin vers EaaS pour les ÉqVéh.....	57
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE COMPLÉMENTAIRES (PRATICIENS)	59
2.1 Firmes spécialisées.....	59
2.1.1 Deloitte.....	60
2.1.2 Bain & Company	61
2.1.3 InnovHQ & Cléo Innovations Inc.....	63
2.2 Les tendances économiques.....	65
2.3 Les manufacturiers émergents	68
2.3.1 Lion Électrique.....	68
2.3.2 Volta Trucks.....	70
2.3.3 Hylico.....	72
2.3.4 Nikola Motors	73
2.3.5 Tesla.....	75
2.4 Manufacturiers traditionnels	75
2.4.1 Volvo VNR.....	75
2.4.2 Peterbuilt.....	78
2.4.3 Freightliner.....	78
2.5 Les clients	79
2.6 Les jeunes pousses	85
2.6.1 7GEN	86
2.6.1.1 Histoire.....	86
2.6.1.2 Les services offerts	89

	2.6.1.3	Le processus.....	90
	2.6.1.4	La méthodologie.....	91
	2.6.1.5	Le logiciel intégré.....	92
	2.6.1.6	ElectricVehicle as a Service (EVaaS).....	92
2.6.2		WattEV.....	94
CHAPITRE 3 MÉHODOLOGIE.....			95
3.1	Les prérequis à la méthodologie.....		96
	3.1.1	Rencontre - Communauté des équipements véhiculaires.....	96
	3.1.2	7GEN.....	97
	3.1.3	Le partenaire client.....	98
3.2	Méthodologie.....		98
3.3	Démonstration - cas réel.....		100
CHAPITRE 4 RÉSULTATS ET ANALYSES – MODÈLE EVaaS.....			103
4.1	Le client.....		103
	4.1.1	Description.....	103
	4.1.2	Mode opérationnel.....	106
	4.1.3	Description équipements.....	108
		4.1.3.1 Les véhicules.....	108
		4.1.3.2 Les infrastructures.....	110
	4.1.4	Données économiques.....	111
4.2	Résultats modèle EVaaS.....		115
	4.2.1	Modèle d'analyse de 7GEN.....	116
	4.2.2	Scénarios, paramètres et hypothèses.....	118
	4.2.3	Les résultats des scénarios.....	121
	4.2.4	Analyse de sensibilité du scénario EV3 -EVaaS.....	123
		4.2.4.1 Sensibilité EV3A - Durée contractuelle.....	125
		4.2.4.2 Sensibilité EV3B - Client HQ puissance.....	126
		4.2.4.3 Sensibilité EV3C - Colombie-Britannique.....	126
		4.2.4.4 Sensibilité EV3D - Ontario.....	127
		4.2.4.5 Sensibilité EV3E - Carbone Canada.....	128
		4.2.4.6 Sensibilité EV3F - Carbone Québec.....	129
		4.2.4.7 Résumé des scénarios et des analyses de sensibilité.....	130
	4.2.5	Scénario – Probable EV (EVP).....	131
	4.2.6	Comparaison VCI vs VÉ.....	134
		4.2.6.1 Sensibilité 4E - Surcharge de carburant.....	137
		4.2.6.2 Sensibilité VCIB– Subventions camions parité VÉ et VCI.....	139
4.3	Simulation statistique.....		139
CHAPITRE 5 RÉSULTATS – MODÈLE INTÉRIMAIRE.....			143
5.1	Scénario Énergir.....		143
	5.1.1	Description d'Énergir.....	144
	5.1.2	Mode opérationnel.....	144
	5.1.3	Description des fourgonnettes.....	145
	5.1.4	Méthodologie.....	146

5.1.5	Données.....	147
5.1.6	Résultats.....	147
5.2	Limite du modèle	148
CHAPITRE 6 DISCUSSIONS		150
6.1	La littérature.....	150
6.2	Les résultats	155
CHAPITRE 7 FUTUR.....		161
CONCLUSION.....		163
ANNEXE I	INVENTAIRE DES ÉMISSIONS GES AU QUÉBEC, 2019 (kt éq. CO)	165
ANNEXE II	ÉMISSIONS DE GES AU CANADA PAR SECTEUR DU GROUPE D’EXPERTS INTERGOUVERNEMENTALES SUR L’ÉVALUATION DU CLIMAT (1990-2019)	167
ANNEXE III	NOMBRE DE VÉHICULES EN CIRCULATION SELON LE TYPE D’UTILISATION, LE TYPE DE VÉHICULE ET L’ÂGE DU VÉHICULE, QUÉBEC ET RÉGIONS ADMINISTRATIVES	169
ANNEXE IV	MODÈLES DE BORNES DE RECHARGE (HYDRO QUÉBEC, 2015 ; IEA, 2019).....	171
ANNEXE V	LISTE PRÉLIMINAIRE DES 22 MATÉRIAUX CRITIQUES OU STRATÉGIQUES POUR LE QUÉBEC	173
ANNEXE VI	GRILLE DE REMPLACEMENT NAVFAC.....	175
ANNEXE VII	TABLEAU DES HYPOTHÈSES TESTÉES	177
ANNEXE VIII	DELOITTE – EXEMPLE GÉNÉRIQUE	179
ANNEXE IX	CONTRAT SERVICE OR VOLVO	181
ANNEXE X	DIAPPOSITIVES CLIENTS POTENTIELS 7GEN	183
ANNEXE XI	RÉSUMÉ RENCONTRE 7 JUIN 2022 – CEI	185
LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES		186

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1 - Tableau des GES, Québec et Canada	11
Tableau 2 - Catégories d'ÉqVéhÉ	15
Tableau 3 - Sujets des minéraux critiques et stratégiques (MCS)	20
Tableau 4 - Éléments ACV TIESS	32
Tableau 5 - Littérature sur le modèle EaaS.....	39
Tableau 6 - Modèles Basés sur l'utilisation	40
Tableau 7 - Modèles d'affaires.....	42
Tableau 8- Produit vs service.....	44
Tableau 9 - Aspects organisationnels	48
Tableau 10 – Adaptation et Traduction libre des hypothèses.....	50
Tableau 11 - Modèles Kastelli & Van Looy.....	51
Tableau 12 - Barrières à l'électrification HQ	64
Tableau 13 - Solution de recharge HQ	65
Tableau 14 - Projection croissance des revenus EaaS	66
Tableau 15 - Services offerts TaaS Volta	72
Tableau 16 - Services offerts Contrat Gold Volvo	76
Tableau 17 - Clients et l'EaaS	81
Tableau 18 - Marchés visés.....	88
Tableau 19 - Services offerts	89
Tableau 20 - Étapes clés transition	90
Tableau 21 – Méthodologie	91
Tableau 22 – Plateforme	92

XVIII

Tableau 23 - Pourquoi changer	92
Tableau 24 - Objectifs client.....	105
Tableau 25 - Tableau voyages client	107
Tableau 26 - Caractéristiques véhicule client	109
Tableau 27 - Caractéristiques bornes de recharge client	111
Tableau 28 - Tableau des composantes CTP	117
Tableau 29 – Scénarios EV.....	118
Tableau 30 - Paramètres mode opérationnel.....	119
Tableau 31 - Paramètres camions VÉ.....	119
Tableau 32 - Paramètres camion diesel	120
Tableau 33 - Paramètres Infrastructures	120
Tableau 34 - Hypothèses financières	121
Tableau 35 - Résultats modèle 7GEN scénarios.....	122
Tableau 36 – Résultat coût par voyage.....	123
Tableau 37 - Analyse de sensibilité	124
Tableau 38 - Analyse sensibilité EV3A – Durée	125
Tableau 39 – Analyse sensibilité EV3B - Puissance client HQ.....	126
Tableau 40 - Analyse sensibilité EV3C - Colombie-Britannique.....	127
Tableau 41 – Analyse sensibilité EV3D – Ontario.....	128
Tableau 42 - Analyse sensibilité EV3E - Crédit carbone Canada	129
Tableau 43 - Analyse de sensibilité EV3F - Carbone Québec.....	130
Tableau 44 - Résumé des scénarios \$/voyage.....	131
Tableau 45 - Résumé des écarts Scénario EV3 - EVaaS vs sensibilité	131
Tableau 46 - Paramètres scénario probable	132

Tableau 47 - Scénario probable – EVaaS	133
Tableau 48 - Scénarios VCI.....	134
Tableau 49 - Coût par mile ATRI.....	135
Tableau 50 - Coût par voyage scénario VCI2 – Industrie	136
Tableau 51 - Sensibilité VCI.....	136
Tableau 52 - Analyse sensibilité VCIA – Surcharge carburant 20 \$.....	137
Tableau 53 - Analyse sensibilité VCIA - Surcharge carburant 30 \$.....	138
Tableau 54 - Analyse sensibilité VCIA - surcharge carburant 40 \$	138
Tableau 55 - Variables simulation CAÉ.....	140
Tableau 56 - Statistiques résumées CAÉ.....	140
Tableau 57 – Pourcentage quantiles pour CAÉ	141
Tableau 58 - Résultats analyse Énergir.....	148

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1 - Modèle de gestion intégrée	2
Figure 2 - Classification des ÉqVéh FHWA.....	3
Figure 3 - Communauté des ÉqVéh.....	4
Figure 4 - Schéma de la revue de littérature	10
Figure 5 - Demande matériaux transition énergétique 2018-2050	21
Figure 6 - Coût total de possession.....	26
Figure 7 - Coût selon groupe motopropulseur	27
Figure 8 - Graphique Analyse coûts du cycle de vie de Kauffman	28
Figure 9 - Graphique Analyse des coûts du cycle de vie – Réelle.....	29
Figure 10 - Analyse cycle de vie ISO 14 040 CIRAIG	31
Figure 11 - Point mort entre ÉqVéhVCI et ÉqVéhÉ	33
Figure 12 - Écosystème EaaS	36
Figure 13 - Modèles d'affaires vs choix des organisations	43
Figure 14 - Exemple corrélation Services vs Bénéfices Exploitation.....	45
Figure 15 - Répartition des revenus provenant de services	46
Figure 16 - Phénomènes cognitifs.....	47
Figure 17 - Courbe Service vs profitabilité Kastelli & Van Looy	54
Figure 18 - The Fish Model	56
Figure 19 - Modèle d'affaires Nikola vs compétiteurs.....	57
Figure 20 - Navigator St.Gallens	58
Figure 21 - Modèle évolutif EaaS Deloitte	61
Figure 22 – Ventes traditionnelles vs EaaS – Bain.....	62

Figure 23 - Potentiel TWh Électrification des transports HQ.....	64
Figure 24 - Écosystème Lion	69
Figure 25 - Courbe de l'argent	71
Figure 26 - Modèle de production hydrogène Hylico.....	73
Figure 27 - Services Volvo VNR.....	76
Figure 28 – EVaaS	93
Figure 29 - Modèle actuelle des services client	112
Figure 30 – Modèle révisé des services client	114
Figure 31 - Modèle Coût total de possession 7GEN.....	116
Figure 32 - Tableau des GES par année – Canada.....	129
Figure 33 - Histogramme des simulations CAÉ	141
Figure 34 - Répartition des fourgonnettes par année Énergir	145
Figure 35 - Données Énergir.....	147
Figure 36 - Courbe Service vs profitabilité Kastelli & Van Looy adaptée.....	152
Figure 37 - Fish model vs Paradoxe du service	154
Figure 38 - 7GEN - Échelle Deloitte	155

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ACCV = Analyse des coûts du cycle de vie

ECCC = Environnement et Changement Climatique Canada

CAÉ = Coût annuel équivalent

CTP = Coût total de possession

GES = Gaz à Effet de Serre

TCO = Total cost of ownership (terme anglais pour CTP)

NAVFAC = Naval Facilities Engineering Systems Command

ÉqVéh = Équipement Véhiculaire

ÉqVéhÉ = Équipement véhiculaire Électrique

ÉqVéhH = Équipement véhiculaire Hydrogène

ÉqVéhL = Équipement véhiculaire Lourd

ÉqVéhVCI = Équipement véhiculaire Véhicule à Combustion Interne

TaaS = Truck as a service

VCI = Véhicule à Combustion Interne

CAPEX = Capital expenditure (terme anglais qui se traduit en français Budget immobilisation)

OPEX = Operation expenditure (terme anglais qui se traduit en français Budget Opération)

OEM = Original Equipment Manufacturer (terme anglais qui se traduit par Équipementier d'origine ou le manufacturier d'équipements d'origine)

MCS = Matériaux critiques et stratégiques

VUS = Véhicule Utilitaire Sport

IAE = International Energy Agency

EaaS = Equipment as a Service

LISTE DES SYMBOLES ET UNITÉS DE MESURE

PJ = Pétajoules

GWh = Gigawatts heure

kt éq. CO₂ = kilo tonnes équivalent de CO₂

TWh = Tera Watt heure

kWh = kilo Watt heure

kW = kilo Watt

INTRODUCTION

Dans le présent mémoire, on veut aborder la fonction de gestion de parc de véhicules. Cette appellation fait référence à la gestion physique de l'équipement. Cette fonction va bien au-delà du simple entretien, ce que plusieurs ont tendance à interpréter lorsqu'il est question de gestion de parc de véhicules.

Pour saisir toute la dimension de la fonction, une définition est alors requise. La finalité vise l'intégration d'une série de processus d'affaires, financiers, réglementaires et techniques qui s'intègrent entre eux pour former un processus global de gestion intégrée. L'objectif fondamental étant d'élaborer un cadre financier pour assurer une saine gestion des actifs. Cet objectif doit composer avec la mise en place du support opérationnel requis pour assurer la mobilité du personnel dans le cadre de leurs tâches associées dans l'organisation. On doit ajouter les objectifs environnementaux, qui sont particulièrement d'actualité avec la transition énergétique en cours. Finalement, la mesure de la performance est aussi requise pour assurer la pérennité des véhicules.

Cette définition s'enseigne peu au Québec sauf dans le cours GOL611 – Ingénierie de parcs d'équipements à l'École de Technologie Supérieure (ÉTS) (ÉTS, 2022). La Figure 1- Modèle de gestion intégrée présente l'ensemble des activités associées à la gestion d'un parc de véhicules. Cette figure démontre que les tâches de gestion sont nombreuses et variées. Le tout requiert une série de compétences pour assumer la fonction.

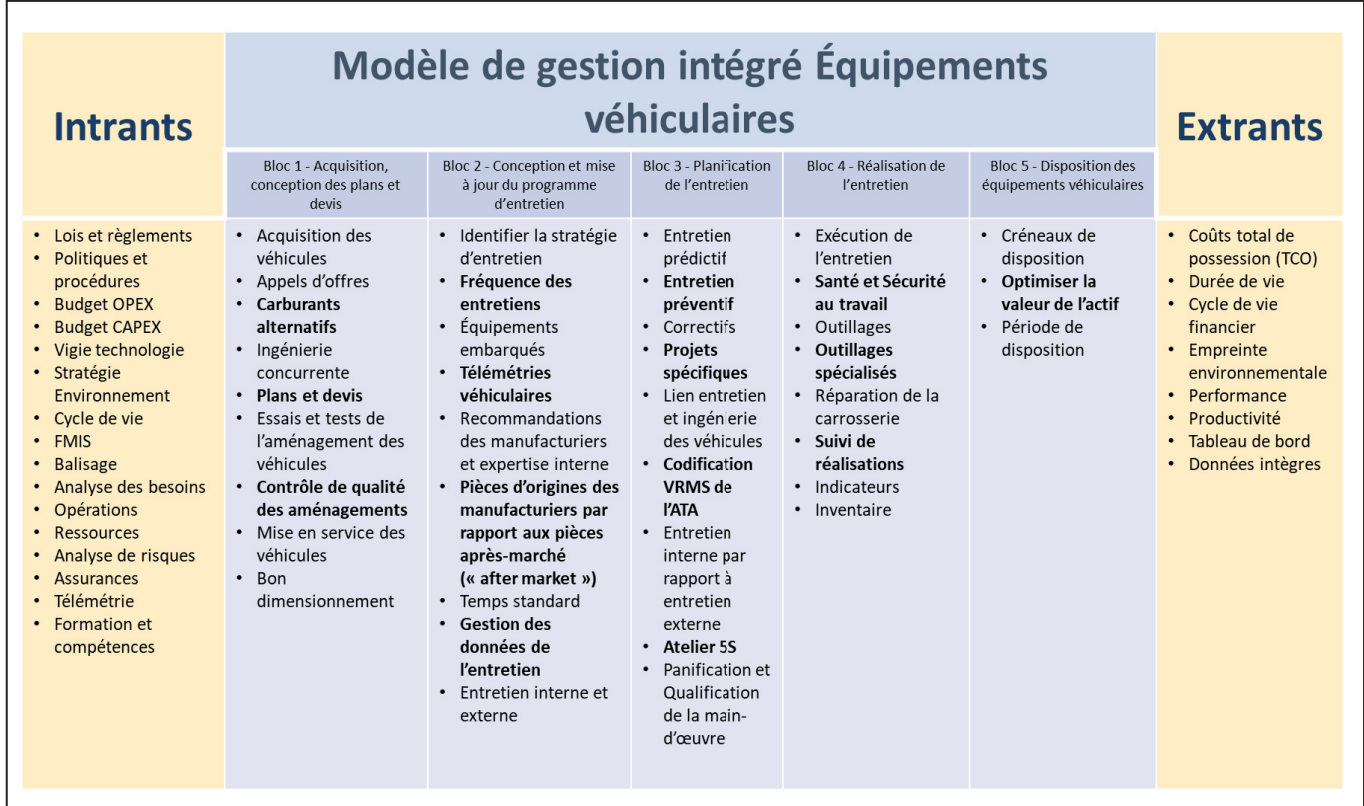


Figure 1- Modèle de gestion intégrée

Tirée du Cours GOL611 de l'École de Technologie Supérieure

On remarquera dans la Figure 1- Modèle de gestion intégrée, l'utilisation du vocable d'équipements véhiculaires (ÉqVéh) pour désigner le mot véhicule. Pour le mémoire, l'utilisation de cette appellation sera privilégiée. En effet, la combinaison de ces deux mots permet de mieux représenter la diversité de véhicules que compose un parc.

Cela s'explique dans le dénombrement des équipements que peut utiliser une organisation. Effectivement, l'inventaire peut inclure des automobiles, des camionnettes, des fourgonnettes, des utilitaires sport (VUS), des camions lourds, des équipements lourds, tant pour les travaux de nature civile que pour l'exploitation de ressources. On peut ajouter à cette liste, des remorques de toute nature, des chariots élévateurs, des véhicules tout-terrain, des motoneiges, des motocyclettes, des monte-charges et beaucoup plus encore. Bref, cela justifie l'utilisation du terme ÉqVéh afin de mieux représenter la totalité des équipements sous gestion.

Pour permettre une meilleure compréhension de la diversité des ÉqVéh, on peut mentionner la classification des véhicules produite par la « Federal Highway Administration (FHWA) ». Celle-ci est présentée à la

Figure 2 - Classification des ÉqVéh FHWA. On regroupe les ÉqVéh selon le Poids Nominal Brut Véhicule (PNBV). Avec cette caractéristique, les manufacturiers d'ÉqVéh peuvent alors classer leurs véhicules.

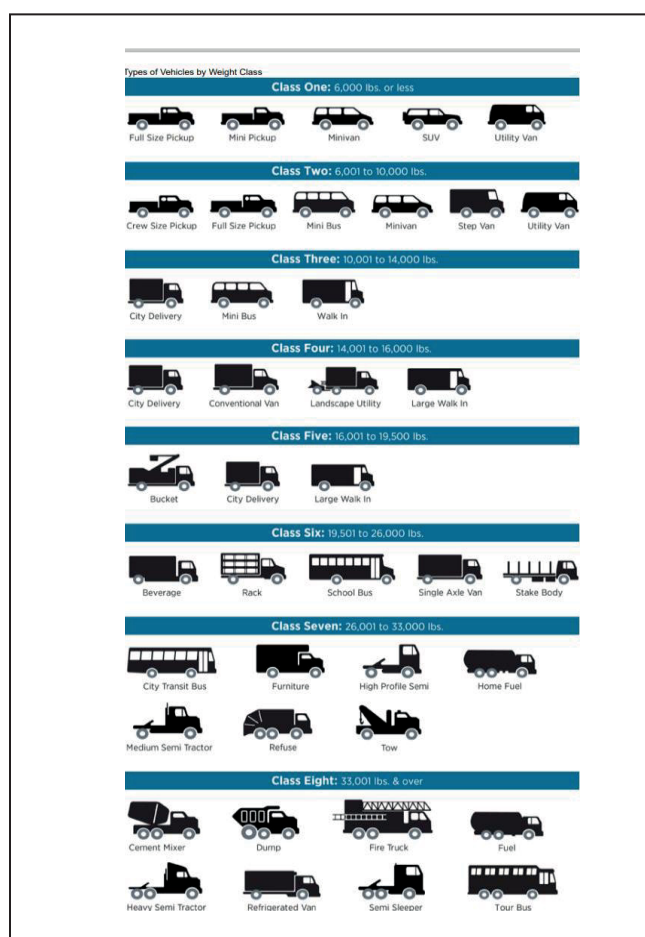


Figure 2 - Classification des ÉqVéh FHWA

Tirée de la « Federal Highway Administration » (Energy, 2023)

<https://afdc.energy.gov/data/10381>

Cependant, cette classification ne couvre pas tous les ÉqVéh, car elle omet les remorques et les équipements hors route. De plus, parmi les exemples mentionnés, certains équipements,

comme dans l'industrie minière, n'y sont pas représentés. Il faut donc considérer ici que le présent mémoire couvre la totalité de ces équipements, d'où la nécessité d'avoir une définition beaucoup plus large avec le terme ÉqVéh.

Un autre aspect important à souligner pour positionner la gestion intégrée d'un parc d'équipements véhiculaires est de présenter sa communauté. La Figure 3 - Communauté des ÉqVéh présente toute l'industrie qui y gravite. On retrouve 17 membres de la communauté. Cette mosaïque permet de juger de la valeur qui génère plusieurs milliards de dollars dans l'économie canadienne. Selon Statistiques Canada (Canada, 2022b), la valeur du Produit Intérieur Brut (PIB) de la communauté représente 641 milliards, soit presque 10 % du PIB total canadien.

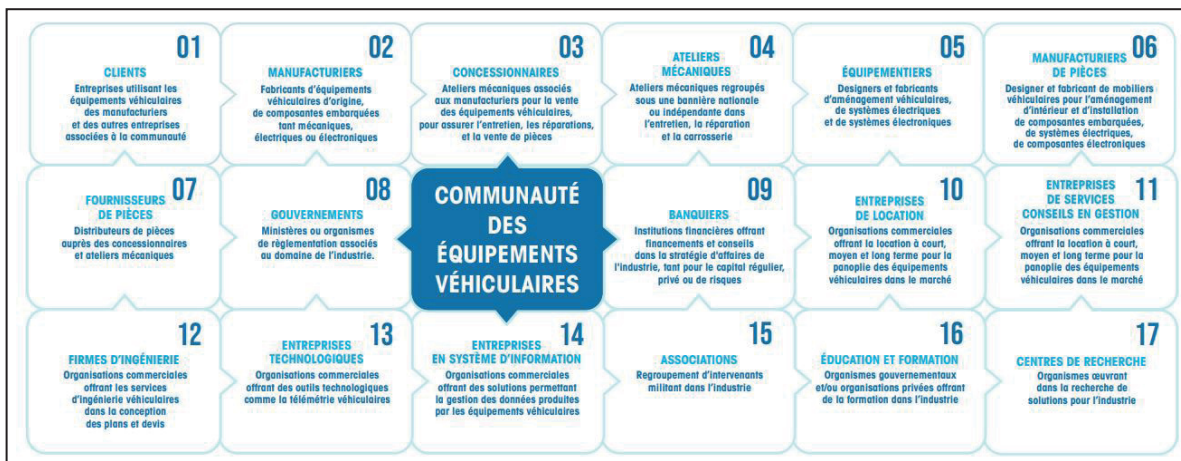


Figure 3 - Communauté des ÉqVéh

Tirée de l'auteur

Dans l'apprentissage sur la gestion d'un parc d'ÉqVéh, le concept de la durée de vie économique des ÉqVéh devrait être le pivot central d'une stratégie globale dans une organisation pour son parc. Dans le monde de la finance, la durée de vie économique est déterminée par le coût total de possession (CTP). En l'associant aux analyses des coûts du cycle de vie (ACCV), on peut alors identifier le moment où, économiquement, le CTP est à son plus bas. Ces outils exigent une information de très grande qualité pour assurer une juste

et précise interprétation lors de l'analyse. L'intégrité des données devient alors un jalon essentiel à franchir pour utiliser le CTP en combinaison avec l'ACCV.

Afin de donner un sens au processus décisionnel d'acquisition, les aspects financiers doivent en être au cœur. Le CTP peut alors devenir l'outil pour juger des options offertes pour les ÉqVéh. Le CTP permettra alors de comparer la performance financière de scénarios possibles. Cette approche permettra de présenter une approche quantitative et ainsi éviter de prendre des décisions sans raisonnement cartésien.

En lien avec le CTP, les modèles d'affaires actuels sont aussi un élément décisionnel dans le processus d'acquisition d'ÉqVéh. Au modèle traditionnel, soit l'acquisition pure et simple d'un équipement, on doit aussi évaluer la location à long terme ou toute autre combinaison existante. Parmi ses combinaisons, on peut inclure les services d'entretien prépayé, le paiement de l'entretien selon le kilométrage parcouru ou bien en faisant l'acquisition de garanties additionnelles.

Un autre modèle d'affaires connu, mais peu utilisé avec les ÉqVéh en Amérique du Nord est connu sous le vocable anglais « Equipment-as-a-service » (EaaS). Est-ce qu'il pourrait s'avérer économiquement porteur ? Peut-on penser que ce modèle pourrait être applicable aux équipements véhiculaires, incluant les ÉqVéhÉ ?

Afin de mieux en apprendre sur le modèle EaaS, l'utilisation de la littérature fut privilégiée. Cependant, on trouve peu ou pas de littérature traitant de l'EaaS avec un angle sur les ÉqVéh. La littérature sur la performance économique du modèle EaaS traitant des équipements manufacturiers est toutefois disponible. En utilisant cette littérature, on tentera alors de la juxtaposer aux ÉqVéh. La consolidation des connaissances passera par l'utilisation de la littérature complémentaire publiée par des firmes dont la crédibilité est solide.

Une analyse de cas basée sur un mode opérationnel réel d'un client viendra compléter le tout. Ce client utilise actuellement des équipements véhiculaires électriques (ÉqVéhÉ) de classe 8

pour desservir une route spécifique. En utilisant les données réelles du client, on pourra alors déterminer son CTP. Pour comparer le tout dans un modèle d'affaires s'apparentant à l'EaaS, une jeune pousse canadienne a accepté que l'on utilise leur modèle économique pour générer un CTP selon leurs paramètres financiers.

Cette dernière analyse accompagne bien la transition énergétique en cours. Les organisations sont et seront confrontées à des décisions importantes pour la transformation de leurs parcs dans les prochaines années. La combinaison du CTP avec le modèle d'affaires EaaS peut servir de solution dans l'incertitude sur l'évolution, tant technique que financière, de la transition.

En effet, les chemins seront nombreux pour décarboner la planète. Le gouvernement du Québec et d'autres provinces mise sur une réduction importante des gaz à effet de serre (GES) en annonçant la fin des ventes d'équipements à moteur à combustion interne (VCI). Quant à la société dans laquelle nous évoluons, elle exige des entreprises une exemplarité comportementale afin de mettre tout en œuvre pour accélérer la transformation énergétique.

Les objections citoyennes seront aussi des défis avec lesquelles les gouvernements devront faire face. À cela s'ajoutera le contexte géopolitique complexifié, particulièrement pour l'exploitation des mines, pour les matériaux critiques et stratégiques requis qui n'ont pas nécessairement les mêmes réglementations environnementales, selon le pays producteur.

La disponibilité des ÉqVéhÉ qui, pour l'instant, arrivent en quantité insuffisante pour répondre à la demande, cause des délais dans le remplacement des équipements. La crise de disponibilité des semi-conducteurs dans les chaînes d'approvisionnement fait en sorte que la pénurie s'intensifie et très peu de relâchement est prévu avant 12 à 24 mois au moment d'écrire ces lignes. Les manufacturiers se dirigent vers des marchés dont le cadre réglementaire est plus contraignant, pour des véhicules à zéro émission, afin d'éviter des pénalités imposées par les pays.

Les modes opérationnels devront être revues et corrigées pour répondre à la nouvelle réalité. Dans certaines situations, les méthodes de travail devront être adaptées aux besoins des recharges. Les risques, tels que les pertes de courant, devront être pris en compte alors que l'on constate qu'elles sont de plus en plus fréquentes avec les changements climatiques. Le secteur du transport de marchandises longue distance est aussi un créneau à étudier plus spécifiquement pour répondre aux besoins de livraisons.

Fondamentalement, ce qu'il faut tenter de fournir ce sont des alternatives pour aider la transition énergétique en simplifiant et en diminuant certaines inquiétudes, et ainsi permettre aux gestionnaires de parcs d'ÉqVéh de trouver les outils requis pour y arriver.

Les défis seront nombreux et complexes et les modèles d'affaires actuels peuvent répondre aux besoins, mais un regard nouveau vers de nouvelles approches est possible. Ce mémoire propose un nouveau modèle d'affaires, soit l'EaaS avec un angle visant les ÉqVéhÉ.

On constatera dans le mémoire, plusieurs démarches, tant que par les jeunes pousses que par les manufacturiers traditionnels de la communauté des ÉqVéh, l'intérêt pour le modèle EaaS. Ce modèle axé sur des prémisses économiques, comme le CTP, intègre aussi les coûts associés au développement durable. Cet aspect rend nécessaire de présenter l'empreinte environnementale des ÉqVéh.

Au regard de qui précède, la question suivante sera répondue par le présent mémoire :

« Est-ce que le modèle d'affaire EaaS peut servir de levier dans la transition énergétique en cours pour les équipements véhiculaires électriques lourds et ses infrastructures ? »

L'encadré suivant présente les objectifs visés par le présents mémoire :

Objectifs

- Démocratiser le modèle EaaS vers VaaS/TaaS à la communauté des équipements véhiculaires
- Présenter les résultats de l'expérimentation avec une analyse de cas réelle du modèle d'affaires équipements en tant que service pour des équipements véhiculaires
 - Faire connaître la fonction de Gestion d'équipements véhiculaires
- Sensibiliser la communauté académique sur la fonction de Gestion d'équipements véhiculaires

CHAPITRE 1

REVUE DE LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

La démonstration que l'on cherche à produire dans le présent mémoire concerne la possibilité d'utiliser le modèle d'affaires EaaS pour la transition énergétique des ÉqVéh. Cette prémisse n'est pas évidente à évaluer sur la base de la littérature actuellement disponible. Effectivement, la seule littérature disponible traitant des aspects économiques du modèle se concentre sur les équipements manufacturiers. On tentera alors d'évaluer si un rapprochement est possible entre les deux types d'équipements.

Considérant que la démonstration se fait aussi dans le contexte de la transition énergétique, on ne peut ignorer les enjeux environnementaux. Une revue de la littérature sur le sujet sera de mise pour démontrer la pondération dans le bilan global des GES pour les ÉqVéh. La revue abordera succinctement cet aspect de la transition, soit l'empreinte environnementale.

Pour poursuivre sur l'empreinte, les énergies émergentes représentent une voie à considérer pour les ÉqVéh dans les organisations possédant un parc d'équipements véhiculaires. Actuellement, plusieurs énergies sont disponibles ou se pointent à l'horizon. La revue présentera le tout.

Évidemment, on terminera en traitant des modèles d'affaires, dont l'EaaS, en incluant les outils financiers requis pour évaluer la performance financière des ÉqVéh. Le CTP et l'ACCV seront aussi abordés dans la revue de littérature.

La Figure 4 - Schéma de la revue de littérature présente le tout sous forme d'un tableau pour identifier les sujets traités dans la revue.

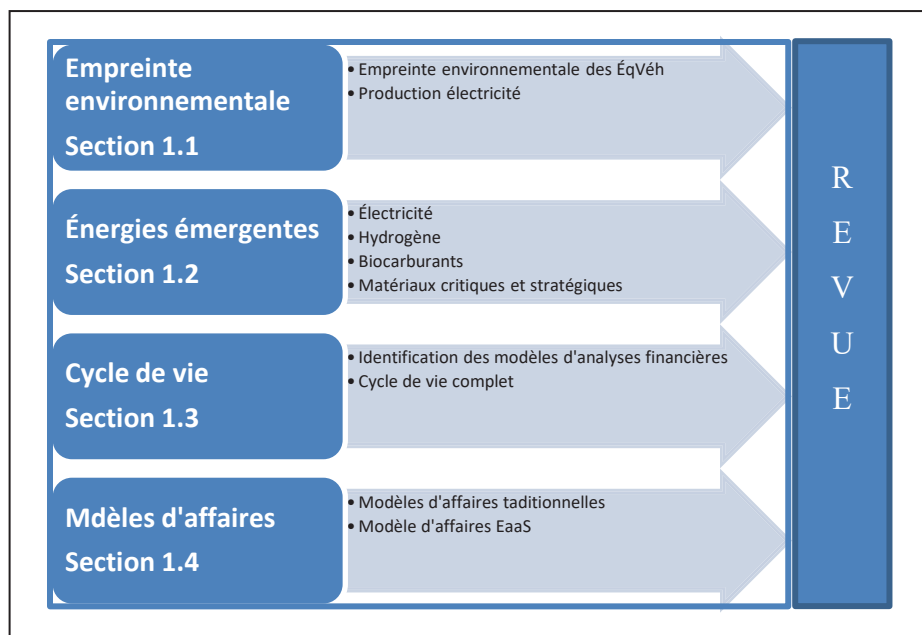


Figure 4 - Schéma de la revue de littérature

Tirée de l'auteur

1.1 Empreinte environnementale

Cette section cherche à présenter la littérature permettant de cadrer le secteur des ÉqVéh dans le contexte énergétique tant au Québec et au Canada.

Dans un premier temps, le Plan pour une économie verte 2030 du gouvernement du Québec vise à réduire les Gaz à Effet de Serre (GES) de 37,5 % d'ici 2030 par rapport aux émissions de 1990 (MERN, 2021b).

En ce qui a trait à l'émission directe de GES dans le secteur du transport, est responsable de 29,68 % de toutes les émissions au Canada. Pour le Québec, les GES représentent 43,63 % en 2019 selon le rapport de l'Inventaire officiel des gaz à effet de serre dans le cadre de ses déclarations à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) (Canada, 2019). Une analyse des données permet de déterminer que le transport routier contribue à 70,63 % et à 79,42 % respectivement pour le Canada et le Québec, pour

l'ensemble du secteur Transport. Quant au transport routier avec des équipements Véhiculaires Lourds (ÉqVéL), le poids des GES est de 42,71 % pour le Canada et de 36,49 % pour le Québec.

La valeur absolue de GES produit est de 153 110 kt éq. CO₂ pour le Canada et 29 002 kt éq. CO₂ pour le Québec. Pour le transport d'ÉqVéL, le diesel et l'essence représentent 65 387 kt éq. CO₂ pour le Canada et de 10 584 kt éq. CO₂ pour le Québec. On peut finalement constater une évolution de 227,48 % pour le Canada et de 193,84 % pour le Québec comme variation des GES depuis 1990, année de référence pour mesurer l'évolution. Le Tableau 1 - Tableau des GES, Québec et Canada permet de visualiser les données présentées.

Tableau 1 - Tableau des GES, Québec et Canada

Tirée du Tableau A9-2: Émissions canadiennes de gaz à effet de serre par secteur du GIEC, 1990-2019 pour le Canada et le Tableau A11-10: : Sommaire des émissions de gaz à effet de serre pour le Québec, 1990-2019 provenant du site

<https://donnees.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/A-Secteurs-GIEC/?lang=fr> et adapté par l'auteur du mémoire

Année	Québec		Canada	
	1 990	2 019	1 990	2 019
Émissions totales	86 371	83 698	601 524	730 245
Émissions transports	27 134	36 518	144 881	216 770
Pourcentage sur les émissions totales	31,42%	43,63%	24,09%	29,68%
Émissions Transport Routier	18 116	29 002	83 769	153 110
Pourcentage sur les émissions Transport Routier	66,76%	79,42%	57,82%	70,63%
Émissions Lourds Essence	785	2 035	6 320	13 545
Émissions Lourds Diesel	2 817	8 549	13 647	51 842
Émissions lourds Essence+Diesel	3 602	10 584	19 967	65 387
Pourcentage sur les émissions Transport Routier	19,88%	36,49%	23,84%	42,71%
Variation depuis 1990 Transport Routier		6 982		45 420
Variation - Pourcentage depuis 1990 Transport Routier		193,84%		227,48%

Les données globales sur l'inventaire sont disponibles en annexe au Tableau A I GES Québec et Tableau A II - GES Canada 2019.

En lien avec cette croissance dans la production de GES, la quantité de véhicules a augmenté approximativement de 50 % passant de 4 660 947 en 2000 à 6 995 085 en 2021 selon la Société de l'Assurance Automobile du Québec (SAAQ) (Québec, 2022) . Pour les ÉqVéh définie comme institutionnelle, professionnelle ou commerciale, le nombre est passé de 377 086 en 2000 à 482 968 en 2021, soit près de 27 %. Les données complètes sont disponibles en annexe au Tableau A III - Nombres de véhicules en circulation.

Tout aussi important que les émissions directes de GES des véhicules, le bouquet énergétique soit la composition des sources d'énergie utilisées dans un territoire donné. Ce bouquet se compose au Québec de trois grandes sources : le pétrole avec 746 PJ, l'électricité avec 777 PJ et le gaz naturel avec 348 PJ pour une production totale de 2 317 PJ selon (Whitmore & Pineau, 2023) en 2020.

Ce qui est intéressant pour le Québec est que l'électricité n'est produite presque qu'exclusivement qu'avec l'hydro-électricité. Quant au pétrole, il est importé de deux pays, soit les États-Unis et le Canada (Whitmore & Pineau, 2023). Dans le secteur des transports, 527 PJ sont utilisées pour les ÉqVéh, les marchandises et le transport de voyageurs.

La situation du Québec est favorable à la transition énergétique puisque l'électricité provient essentiellement de ses barrages. Dans les dernières années, Hydro-Québec de concert avec le gouvernement du Québec a développé la filière éolienne. Des efforts sont aussi consentis dans la production d'électricité avec les panneaux solaires. Toujours selon (Whitmore & Pineau, 2023) la production d'électricité via la filière éolienne est de près de 5 % en 2021. La transition énergétique sera favorable au Québec car le déplacement des énergies fossiles dans le secteur du transport se fera en grande partie par l'hydro-électricité. La situation est différente dans le reste du Canada. Les provinces de la Colombie-Britannique et du Manitoba utilisent l'hydro-électricité. Ce n'est pas le cas avec l'Alberta et la Saskatchewan dont l'utilisation d'énergies fossiles rendra la transition énergétique plus difficile. Quant à l'Ontario, celle-ci mise sur le nucléaire (Canada, 2023).

Dans le contexte mondial, le bouquet diffère grandement selon les pays. La réduction des émissions de GES pourrait ne pas réduire l'empreinte totale sur un territoire donné. C'est un constat fait par (Picherit, 2010) dans sa thèse intitulée *Évaluation environnementale du véhicule électrique : méthodologies et application*, qui indique qu'un petit véhicule électrique peut, dans certains pays, rendre les véhicules à combustion interne moins énergivore dans les trois phases de la vie du véhicule électrique soit la construction, l'utilisation et l'élimination. Il faut préciser que son analyse repose sur batteries plomb-acide et non sur des batteries au lithium-ion.

Dans cette thèse, le bouquet énergétique affecte la production de GES du cycle de vie globale. Selon les résultats du module ECOINVENT (Ecoinvent, 2022), les *ÉqVéhVCI* produiraient moins de GES que les *ÉqVéhÉ* dans certains pays comme la Pologne. Cette situation reflète l'utilisation du charbon dans le bouquet énergétique de la Pologne.

Un autre aspect, touchant l'empreinte environnementale, concerne la disposition des batteries. Plusieurs études, dont (Rehme et al., 2016), indiquent qu'une deuxième vie est possible. Selon cette étude, les batteries pourront servir d'accumulateur d'énergie afin d'être utilisées avec des sources d'appoints et qui pourra éventuellement être revendu aux distributeurs d'électricité. Ces sources d'appoints pourront alors être utilisées par les organisations avec des *ÉqVéh* afin d'optimiser la recharge des batteries. L'appel de puissance en énergie pourra alors être mieux gérée lors de la recharge.

Selon une étude de (Casals et al., 2019), celle-ci précise que le remplacement de la batterie se ferait approximativement lorsque 80 % de sa capacité originale sera atteinte. Pour les auteurs, quatre options sont possibles afin de réutiliser les batteries : pour combler la fourniture de pointe ponctuelle requise en kW lors d'une recharge rapide, pour de l'autoconsommation en rechargeant les batteries avec des panneaux solaires, pour fournir l'énergie produite par l'autoconsommation aux services publics ou pour produire de l'énergie d'appoint requise par les services publics, si la réglementation le permet.

Le rapport, de type livre blanc, réalisé par « Global Sustainable Electricity Partnership » par (Takahito K., 2021), auquel des chercheurs du Centre d'excellence en électrification des transports et en stockage d'énergie d'Hydro-Québec ont participé, est aussi intéressant. Dans cette étude, on indique que trois options seraient disponibles pour disposer des batteries : dépotoir, remise à neuf ou donner une deuxième vie à la batterie dans les ÉqVéhÉ ou en les utilisant dans du stockage d'énergie.

1.2 Énergies émergentes

L'annonce de mettre fin à la vente des véhicules légers à combustion interne pour l'année 2035 par les gouvernements du Québec et du Canada (Canada, 2021) ajoute un défi important dans la gestion des ÉqVéh. Cette décision fera en sorte que les organisations devront porter une attention particulière à la gestion de leurs ÉqVéh ainsi que pour leurs activités courantes.

Actuellement, le gouvernement du Québec mise sur l'électricité pour décarboner le secteur transport tel que le précise le Plan pour une économie verte 2030 (MERN, 2021b). Cependant, d'autres options existent, dont l'hydrogène. Cette énergie pourrait être une option pour les ÉqVéhL.

Considérant le tout, les prochaines sections aborderont trois formes d'énergies possibles pour les ÉqVéh. soit : l'électricité, l'hydrogène et les biocarburants.

1.2.1 Électricité

C'est possiblement la source d'énergie la plus documentée actuellement. Il faut savoir que l'utilisation de l'électricité dans le secteur des transports n'est pas nouvelle. Dans les faits, les premiers ÉqVéhÉ utilisant cette source d'énergie furent introduits dans le monde entre les années 1800 et 1850 selon (Chong, 2017) alors qu'au Canada, ils le furent en 1893. La technologie de l'époque fut abandonnée en 1935 dus à l'essor de l'ÉqVéhVCI et son carburant, l'essence. L'arrivée de la Toyota Prius en 1997 et surtout de la Tesla en 2006, toujours selon

(Chong, 2017), a aussi largement contribué à l'essor de la voiture électrique. Cependant, ce qui a vraiment influencé cette source d'énergie est avant tout l'empreinte environnementale des carburants produits avec des énergies fossiles.

Toujours selon (Chong, 2017), il existe quatre catégories d'ÉqVéhÉ. Le Tableau 2 - Catégories d'ÉqVéhÉ présente ses différentes catégories.

Tableau 2 - Catégories d'ÉqVéhÉ
Tiré et adapté de (Chong, 2017 p 2)

Catégorie	Description
ÉqVéhÉ à batteries	Moteur dont l'alimentation est complètement assumée par un ensemble de batteries. Celles-ci doivent être rechargées afin de maintenir son autonomie.
ÉqVéhÉ hybrides	Deux moteurs sont requis : un moteur thermique qui assume la motricité lorsque l'autonomie des batteries est à zéro et un moteur électrique qui se recharge selon les conditions fixées par le manufacturier. On peut aussi mentionner le freinage régénérateur ou bien le moteur thermique agissant comme une génératrice.
ÉqVéhÉ hybrides rechargeables	Identique aux ÉqVéhÉ hybrides mais qui peuvent être rechargés avec l'aide de bornes de recharge.
ÉqVéhÉ à pile à combustible	Moteur dont l'alimentation se fait par des batteries dont l'électricité est produite au moyen de l'hydrogène.

La dernière catégorie ÉqVéhÉ utilisant des piles à combustible peut être considérée comme un ÉqVéhÉ utilisant l'énergie hydrogène que l'on verra dans la section 1.2.2.

Selon (Pineau & Rahimy, 2021) dans le rapport Déploiement des bornes de recharge rapide au Québec - État des lieux et enjeux, le besoin pour la recharge rapide sera approximativement de 7 500 bornes pour 1 500 000 ÉqVéhÉ en 2030. Dans leurs études (Pineau & Rahimy, 2021), le nombre était de 300 pour approximativement 100 000 ÉqVéhÉ. Le portrait selon l'Association des Véhicules Électriques du Québec (AVEQ), on dénombrait 8 314 bornes de recharge, toutes catégories confondues dont 252 bornes de Tesla pour approximativement 170 592 véhicules (AVEQ, 2023).

Dans leurs rapports (Pineau & Rahimy, 2021), les auteurs présentent les différents types de bornes qui sont catégorisées en trois niveaux. Les bornes de niveau 1 utilisent une prise de 110 volts et servent principalement lorsque les ÉqVéhÉ peuvent être à l'arrêt pour une période de huit heures et plus. Les bornes de niveau 2 sont des recharges dites rapides qui se branchent sur le 240 volts avec un temps de recharge de trois heures. Les bornes de niveau 3 requièrent un voltage de 400 volts pour un temps de recharge variant entre 30 et 60 minutes. La description des types de bornes peut être consultée à l'annexe au Tableau A IV - Bornes au Québec en annexe. Dans les entreprises, on retrouvera des bornes de 400 volts et plus afin de permettre une recharge rapide. Le mode opérationnel influencera aussi les infrastructures requises pour effectuer la recharge.

Les bornes de recharge de Tesla sont exclues car elles ne sont utilisées que sur les ÉqVéhÉ de la même marque. En revanche, récemment, Tesla a annoncé que ses bornes de recharge pourraient être utilisées par tous en fournissant le design de son connecteur afin que les manufacturiers puissent l'intégrer à leurs ÉqVéhÉ.

Dans la mise en place de l'infrastructure de recharge on doit inclure le coût des bornes mais aussi de l'installation électrique requise. On doit ajouter le branchement au réseau de l'utilité publique en s'assurant d'obtenir la capacité requise pour recharger ses ÉqVéhÉ. Le délai d'installation de l'utilité publique est aussi un enjeu à considérer. Actuellement le délai peut varier de 18-24 mois. Afin de produire la configuration requise, une analyse du mode opérationnel du client sera fondamentale.

Le mode opérationnel doit inclure le temps disponible pour la recharge et le kilométrage requis pour effectuer les déplacements. L'Institut des Véhicules Innovants (IVI) indique dans le document intitulé Guide pour l'électrification d'une flotte de véhicules (IVI, 2020) qu'une borne de niveau 1 pourra ajouter entre 5 à 6 km par heure, qu'une borne de niveau 2 ajoutera entre 15 à 80 km par heure alors que pour une borne de recharge rapide, on ajoutera entre 150

et 200 km par heure. Le tout aura un impact sur le CTP. Toujours selon l'IVI, le coût d'une borne de niveau 1 versus les charges rapides est cinq fois plus élevé.

Un autre élément à considérer avec l'arrivée des ÉqVéhÉ est la disponibilité des bornes de recharge dans le domaine public. Certaines organisations opteront pour la recharge via cette option incluant les stations-service. Dans leurs études, (Pineau & Rahimy, 2021) soulignent que seulement 39 stations-service sur 2 538 au Québec possédaient des bornes électriques. Cela exigera des propriétaires de stations-service de revoir leurs modèles d'affaires.

La tarification de la recharge est un autre enjeu auquel devront faire face les organisations dans le cadre de l'utilisation des ÉqVéhÉ. Outre le kWh qui est facturé, l'appel de puissance pourrait aussi avoir un impact sur le CTP.

Toujours sur les enjeux, certaines entreprises auront besoin de systèmes d'appoint pour générer de l'électricité pour la recharge en cas d'interruptions de courant. Parmi les entreprises visées, toutes les entreprises évoluant comme premier intervenant (policiers, pompiers, ambulanciers, etc.) sont sujettes à avoir recours à ces systèmes. Ce ne sont pas seulement ces entreprises qui devront se munir de telle infrastructure. En effet, les utilités publiques doivent être en mesure de répondre en support aux demandes d'interventions d'urgences comme des fuites de gaz naturel. Dans un bref communiqué préparé par l'Advanced Clean Tech (ACT) (Tech, 2020), on indique dans la phase de déploiement des infrastructures que l'on prévoit une alimentation de secours.

Certaines organisations devront aussi intégrer des bornes aux résidences de certains employés puisque ceux-ci peuvent être en service à partir de la maison, particulièrement pour répondre aux urgences ou bien que l'organisation du travail actuelle demande aux employés de retourner à leurs résidences quand la journée de travail est terminée. Les entreprises devront adopter un modèle de remboursement tant pour l'infrastructure que pour l'électricité consommée.

Un autre aspect à ne pas négliger actuellement est la capacité de production tant des ÉqVéhÉ que des semi-conducteurs requis dans leur fabrication; le tout menant à une certaine rareté sur le marché. Des échanges informels avec les gens de l'industrie indiquent que des manufacturiers ont réduit et même arrêté la production de certains modèles d'ÉqVéh au moment d'écrire le présent document. De plus, les modèles requis pour les entreprises ne sont pas encore disponibles, mais le seront dans les prochaines années.

Pour les entreprises qui acquerront des ÉqVéhÉ, la notion de distance parcourue sera au cœur de la révision de leurs modes opérationnels. Le tout pourrait représenter un enjeu dans le cycle de remplacement des ÉqVéhÉ ainsi que sur le nombre d'équipements requis pour assumer leurs opérations et avoir ultimement un impact sur le CTP »

1.2.2 Hydrogène

Pour l'hydrogène, il n'y a pas encore un consensus clair sur son éventuelle utilisation dans les ÉqVéh. Selon (Van-de-Graaf, 2022) de l'IRENA (International Renewable Energy Agency), lors d'une présentation faite à la conférence du Centre d'études et de recherches internationales (CÉRIUM) tenue en 2022, le chemin à suivre pour arriver à l'introduction de ce type d'énergie n'est actuellement pas encore clairement défini.

Toujours selon (Van-de-Graaf, 2022), il faut aussi distinguer les niveaux d'hydrogène possibles, soit le gris, le bleu et le vert. Évidemment, idéalement, c'est le vert qui devrait être favorisé. Il y a aussi des enjeux de production, entre autres, au niveau de la quantité d'eau requise pour produire l'hydrogène. Selon cette présentation, la production d'hydrogène sera en cinquième position de tous les secteurs d'activités quant à sa consommation d'eau, soit 24,8 Milliard de m³ d'ici 2050. La première position étant l'agriculture avec 2 769 Milliard de m³.

De plus, il n'est pas certain que l'hydrogène soit une énergie du futur pour le secteur des ÉqVéh. Les batteries électriques requérant une recharge sont actuellement plus populaires que les batteries à pile à combustion utilisant l'hydrogène.

La filière hydrogène intéresse aussi la société d'État Hydro-Québec. Dans son Plan stratégique 2020-2024 (Hydro-Québec, 2019), on mentionne le développement de la filière d'hydrogène vert en utilisant l'électrolyse de l'eau pour la produire plutôt que de fractionner du méthane. Elle indique qu'il y aura cinq applications possibles pour cette énergie, dont le transport routier et ferroviaire.

Actuellement, il n'y a qu'une seule station permettant le remplissage d'hydrogène en service. Elle se trouve dans la région de Québec (MERN, 2021a). Une station serait en planification dans la région de Montréal, mais n'est toujours pas en service. Une seule autre station est actuellement en service au Canada et elle se trouve à Vancouver, Colombie-Britannique.

Finalement, dans leur rapport sur l'État de l'énergie 2023 au Québec (Whitmore & Pineau, 2023), le Québec aurait besoin de 35 TWh associés à l'utilisation d'équipement véhiculaire à batterie utilisant des piles à combustible (ÉqVéhH), soit de l'hydrogène pour le transport de marchandises. Pour le même scénario, mais avec des ÉqVéhÉ, le besoin serait alors de 10 TWh, soit un écart de 25 TWh.

Dans le cadre du présent mémoire, cette énergie ne sera pas considérée puisqu'il y a encore beaucoup d'incertitude et que les gestionnaires de parc d'ÉqVéh n'ont pas encore abordé cette filière.

1.2.3 Biocarburants

Les biocarburants principalement sont le biodiesel et l'essence à laquelle on ajoute une portion d'éthanol. Le gouvernement du Québec (Agriculture, 2022) manifeste son souhait d'augmenter la teneur des biocarburants de 15 % pour l'essence et de 10 % pour le diesel. Le tout se fera par le biais d'un projet de loi.

Tout comme l'hydrogène, les biocarburants ne seront pas considérés dans le présent mémoire. En 2019, selon (Whitmore & Pineau, 2022), les biocombustibles ne représentaient que 7 % du bilan énergétique du Québec et que leur capacité de production est relativement faible.

1.2.4 Les minéraux critiques et stratégiques (MCS)

Considérant que la filière batteries requerra des matériaux critiques et stratégiques, on se doit de présenter le tout dans cette section. Dans son document intitulé : Les minéraux critiques et Stratégiques - Plan Québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2020-2025 (MERN, 2020), le Québec présente quatre orientations qui se déclinent de la façon suivante :

- 1- Accroître les connaissances et l'expertise sur les MCS
- 2- Mettre en place ou optimiser des filières de façon à les intégrer, en partenariat avec les régions productrices de MCS
- 3- Contribuer à une transition vers une économie durable
- 4- Sensibiliser, accompagner et promouvoir les MCS

Ces orientations suscitent quelques questions dont celles présentées dans le Tableau 3 - Sujets des minéraux critiques et stratégiques (MCS) et stratégiques (MCS):

Tableau 3 - Sujets des minéraux critiques et stratégiques (MCS)
Tiré et adapté du document Matériaux critiques et Stratégiques (2020-2025)

Sujets	Description
Disponibilité des matériaux	Avons-nous les ressources minérales requises pour les besoins futurs ?

Tableau 3 - Sujets des minéraux critiques et stratégiques (MCS) - Suite
Tiré et adapté du document Matériaux critiques et Stratégiques (2020-2025)

Sujets	Description
Exploitation des minéraux	Quel est le temps requis pour exploiter une mine ?
Acceptabilité sociale de l'exploitation	Comment fait-on pour s'assurer de l'acceptabilité sociale ?

Pour répondre à la première question, le Québec a répertorié les matériaux critiques et stratégiques qui sont au nombre de 22 dans son document. Le Tableau A V - Matériaux critiques et stratégiques Québec, le résume. La demande pour l'horizon de 2018-2050 pour les MCS est aussi à considérer avec l'arrivée massive d'ÉQVéhÉ. Le cas du graphite, par exemple, est tout simplement incroyable. Sa demande subira une augmentation de 494 % sur cette période. La Figure 5 - Demande matériaux transition énergétique présente la demande pour un bon nombre de minéraux.

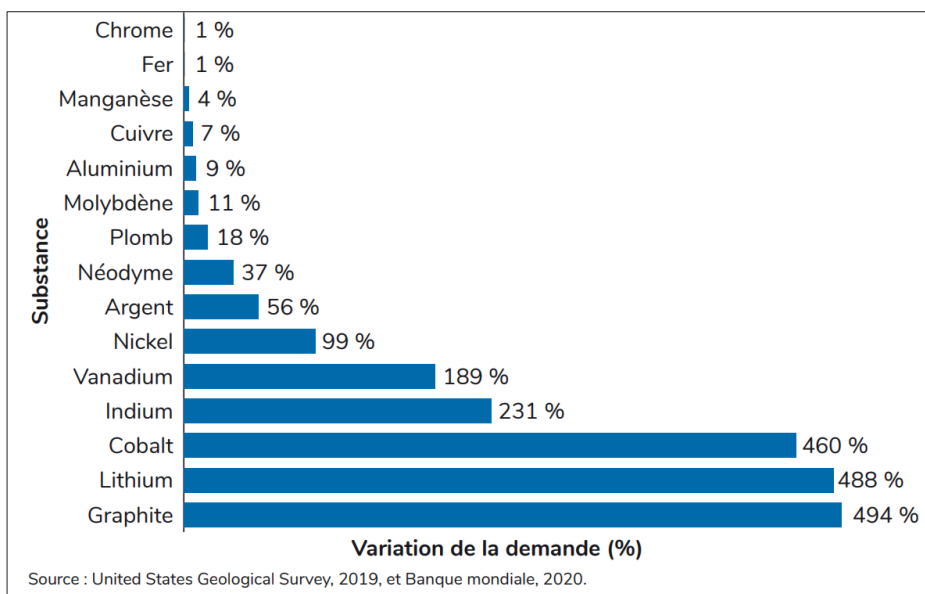


Figure 5 - Demande matériaux transition énergétique 2018-2050

Tirée du Plan Québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2025 p. 2

Pour la deuxième question, soit : Quel est le temps requis pour exploiter une mine ? Selon le document, Les minéraux critiques et stratégiques (MERN, 2020), le temps requis pour qu'une mine puisse être en opération sont de 10 à 20 ans. Ce délai, dans un contexte d'accélération de la filière batterie, doit être vu avec un certain recul face aux prises de décision que les gouvernements prendront pour assurer une performance économique.

Les matériaux critiques requis dans une batterie comme le cobalt, le cuivre, le nickel, etc. seront requis en grande quantité pour répondre à l'électrification des transports. Selon (Alonso et al., 2012), on passera approximativement de 100 000 tonnes d'éléments de terres rares en 2010 à près de 375 000 tonnes en 2035. D'après ce scénario, une croissance de 8,6 % par année pour les 25 prochaines années sera notée alors que le taux a été de 5,4 % durant les 40 dernières années. Dans une autre étude, la croissance annuelle pour ce métal rougeâtre d'ici 2035 variera entre 2,7 % et 23,3 % pour la transition énergétique selon l'« International Energy Agency (IAE)».

Considérant que l'exploitation des minéraux a un impact sur l'environnement dans la présente transition, le concept d'économie circulaire devra être adopté. Dans cette perspective, le Québec, via l'entreprise Recyclage Lithion, affirme pouvoir récupérer jusqu'à 95 % des batteries au lithium-ion selon un procédé d'hydrométallurgie. Cela permettrait de récupérer les matériaux et de les remettre en circulation pour la production de nouvelles batteries.

La littérature de Recyclage Lithion sur son procédé ne fut pas accessible via l'entreprise pour valider leur prétention. Cependant, l'association avec un Centre Collégiaux de Transfert Technologie (CCTT), soit le Centre d'études des procédés chimiques du Québec (CÉPOCQ) ainsi qu'avec le Centre d'excellence en électrification des transports et en stockage d'énergie d'Hydro-Québec (Lithion, 2022), donne une dose de crédibilité. De plus, son procédé a été testé en usine laboratoire et des usines commerciales sont actuellement en construction.

De plus, dans la thèse de (Djoudi, 2021) intitulée Conception, développement et mise au point d'un procédé hydrométallurgique de récupération du cobalt (II) issu de mines secondaires par précipitation, indique dans sa conclusion que :

« Les procédés hydrométallurgiques offrent de nombreux avantages d'un point de vue efficacité, environnement et économie d'énergie. »

Toujours dans la thèse de l'auteur, on a réussi à récupérer jusqu'à 99,9 % de cobalt sous forme d'hydroxyde. Basé sur ces résultats, il est possible d'envisager d'utiliser ce procédé en mode industriel. Selon l'auteur, ce procédé devrait être testé dans un environnement industriel. Le tout, afin d'évaluer les conditions inhérentes à une production à grande échelle.

On constate que les défis sont et seront importants dans l'aventure de la transition énergétique. Selon la littérature présentée dans cette section, il n'est pas évident que toutes les projections et études disponibles donnent un avantage certain aux ÉqVéhÉ. Le bouquet énergétique étant l'un des composants fondamentaux.

Cependant, avec les conséquences connues sur les changements climatiques actuelles, mais aussi sur un horizon 2030-2050, il est évident que si le Québec, mais aussi la planète, veut atteindre le fameux objectif de limiter à 1,5 degré l'augmentation de la température, des actions doivent être prises, comme l'électrification.

Finalement, l'acceptabilité sociale sera un défi fort important dans la transformation énergétique et des impacts pour les communautés.

1.3 Durée de vie économique

Cette section de la revue aborde la durée de vie économique basée sur l'utilisation des ÉqVéh. Pour permettre de faire une évaluation, l'intégrité des données est au cœur de la démarche. Cela se décline en s'assurant d'avoir un système d'information robuste. Si les données ne sont fiables, le résultat de la durée de vie économique sera imprécis, menant potentiellement aux mauvaises décisions d'acquisition ou de remplacement d'ÉqVéh.

Les efforts requis pour bâtir des bases de données solides et surtout intègres rebutent souvent les organisations. On veut de l'intégrité, mais on sous-estime les efforts requis pour l'atteindre lors de l'implantation d'un système de gestion de l'information intégrée (SGI).

Pour atteindre cette intégrité, le concept connu sous l'industrie 4.0 peut s'avérer une voie à suivre. Selon (Liu C., 2020), pour faciliter la prise de décision, on doit développer la capacité d'utiliser des données agrégées. De plus, pour viser à devenir une organisation 4.0 (Cordeiro et al., 2019) indique le cheminement menant au niveau supérieur. Selon l'auteur, il y a quatre niveaux permettant de juger de la maturité d'une organisation avec le concept. Le premier est l'entreprise débutante dans l'univers numérique. Le deuxième étant l'intégration verticale, le troisième étant l'intégration de la collaboration horizontale pour atteindre une entreprise avancée dans l'univers numérique.

Cette intégrité des données permettra d'atteindre la maturité requise pour exploiter les données financières essentielles pour déterminer le CTP. L'ACCV sera lors un excellent complément pour déterminer le moment optimum de remplacement des ÉqVéh. Les prochaines sections serviront également à présenter le tout. Le CTP permettra la comparaison des résultats dans le CHAPITRE 4 sur l'analyse des résultats.

1.3.1 Coût total de possession (CTP)

Le concept du CTP repose sur la capacité à évaluer le coût de possession d'un ÉqVéh. Ce coût inclus deux composantes soit : le coût de propriété ainsi que le coût d'opération. Tel que le mentionne (Liu C., 2020), les entreprises avec un parc d'ÉqVéh lourds doivent évaluer à long terme le coût total de possession (CTP). Le défi selon l'auteur est de bien évaluer le coût d'opération. Le coût de propriété étant, par sa nature, plus simple à établir. Donc, l'addition du coût de propriété avec le coût d'utilisation donne le coût total de possession.

L'auteur (Liu C., 2020) indique aussi que le défi n'est pas de déterminer le coût de propriété, mais plutôt le coût d'opération. La capture de tous les coûts associés aux opérations est souvent de provenance diverse. À titre d'exemple, le coût du carburant peut provenir de milliers de

transactions provenant de cartes de crédit alors que les coûts d'entretien peuvent provenir d'un système de Gestion de la Maintenance Assisté par Ordinateur (GMAO). Dans certaines situations, la perte de précision lors de la transformation de la donnée du point de capture original vers la donnée exploitable dans un système d'information rend difficile son utilisation.

Les deux composantes du CTP, soit le coût de propriété et son coût d'utilisation, sont associées dans le monde de la finance, au budget relié aux investissements et au budget d'opération. Ces budgets sont communément connus sous l'acronyme anglais « CAPEX » pour les investissements alors que le terme « OPEX » est associé au budget d'opération.

Pour visualiser le modèle du CTP (Rout et al., 2022) présente le tout sous forme graphique, ce qui facilite sa compréhension. Dans la Figure 6 - Coût total de possession on peut constater la quantité importante des données requises pour produire le CTP.

Dans un premier temps, on remarquera le terme « Vehicle TCO », soit l'acronyme anglais « TCO » qui signifie « Total Cost of Ownership ». Ce vocable est dans les faits le coût total de possession. Les termes « CAPEX » et « OPEX » font aussi la distinction entre les coûts de propriété et les coûts d'utilisation. Le CAPEX, qui est un terme anglais signifiant « Capital Expenditure », étant les sommes que doivent planifier les organisations pour l'acquisition ou le remplacement des ÉqVéh alors que l'OPEX, aussi un terme anglais pour « Operation Expenditure », sert à prévoir les sommes requises pour l'utilisation des équipements comme la maintenance, le carburant et toutes les autres dépenses.

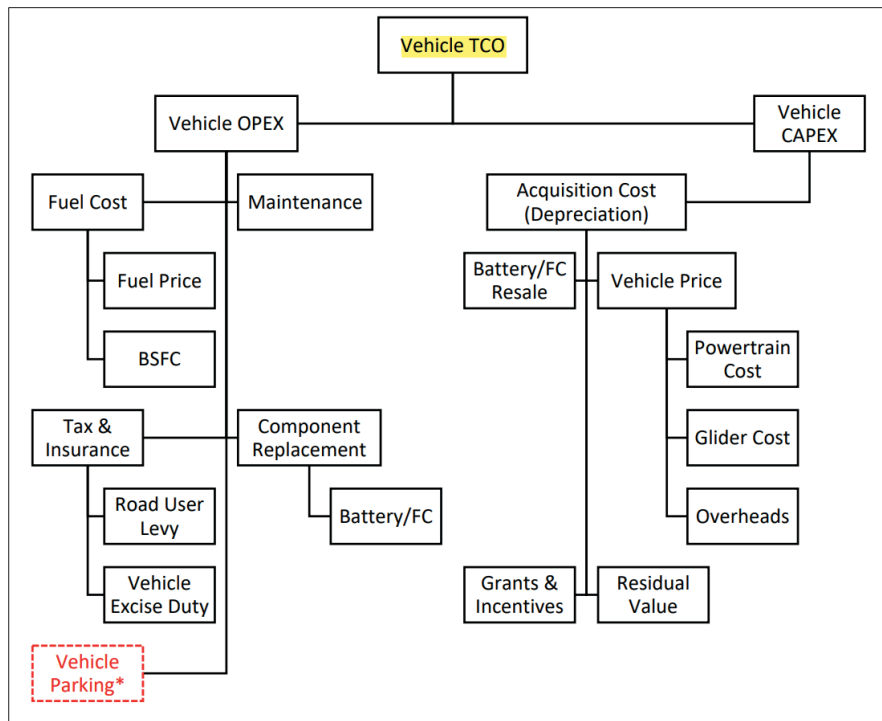


Figure 6 - Coût total de possession

Tirée de (Rout et al, 2022 p.4)

Le CTP devient un intrant permettant de déterminer la durée de vie économique d'un ÉqVéh. Cette valeur intrinsèque du CTP pourra aussi servir à comparer le choix d'un manufacturier par rapport à d'autres manufacturiers. Le défi pour les organisations, tel que mentionné précédemment, sera la gestion des données financières qui seront requises pour bâtir un CTP. Dans le CHAPITRE 4, le CTP sera utilisé pour comparer les différents scénarios possibles dans le cadre de la démonstration du modèle EaaS. On peut aussi consulter le modèle sous l'angle d'une firme comptable, soit KPMG (KPMG, 2016) dans « Re-evaluating the total cost of truck fleet ownership ».

Dans le cadre de la transition énergétique, certaines composantes seront à réévaluer particulièrement les coûts d'entretien des ÉqVéhVCI versus les les ÉqVéhÉ. L'article de (Burnham et al., 2021), permet de constater les écarts du coût d'entretien d'un camion léger avec un moteur à combustion interne par rapport à un ÉqVéhÉ. L'écart est une réduction

d'approximativement de 40 %. La Figure 7 - Coût selon groupe motopropulseur détail de cette affirmation.

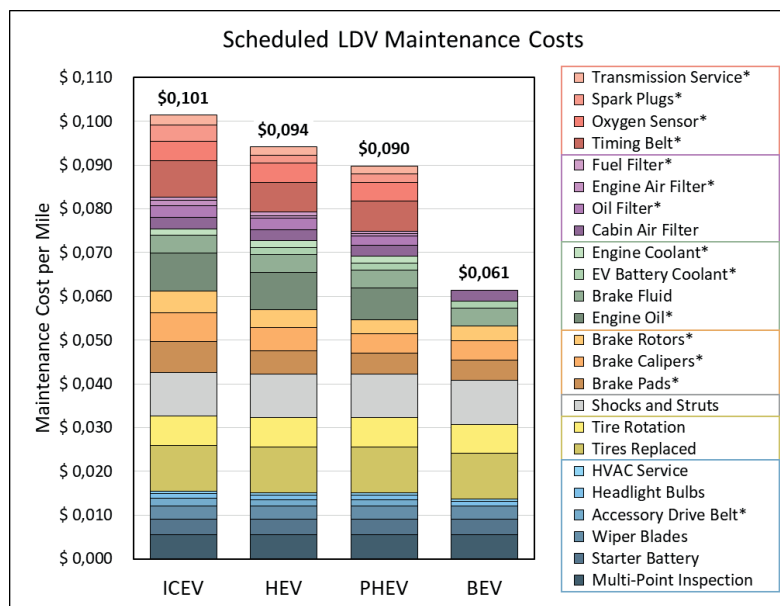


Figure 7 - Coût selon groupe motopropulseur

Tirée de (Burnham et al., 2021 p. xxii)

Les efforts requis, particulièrement au niveau de l'intégrité des données, pour déterminer le CPT permet alors d'utiliser les intrants tel que les coûts de propriété et d'utilisation pour en faire certaines analyses. L'Analyse du Coûts Cycle de Vie (ACCV) pourra alors servir pour établir la durée de vie économique. La prochaine section traitera de ce modèle financier.

1.3.2 Analyse des coûts du cycle de vie (ACCV)

L'ACCV est un outil financier permettant de prendre certaines décisions concernant un actif peu importe sa nature. Dans le cas du mémoire, les équipements véhiculaires sont évidemment l'actif que dont l'on cherche à effectuer une ACCV.

L'objectif fondamental de produire une analyse des coûts de cycle de vie est d'établir le coût de possession d'un EqVéh sur période. Cela permet de dégager deux constats. Le premier sera la durée de vie économique de l'actif. Le deuxième permettra de déterminer le moment précis où le CTP de l'EqVéh sera au plus bas, soit le moment idéal pour remplacer l'équipement. Dans la majorité ces cas, on présentera le tout sous forme graphique.

La Figure 8 - Graphique Analyse coûts du cycle de vie de Kauffman (O'Connor, 2014) représente très bien la visualisation graphique. Elle indique le moment idéal pour le remplacement.

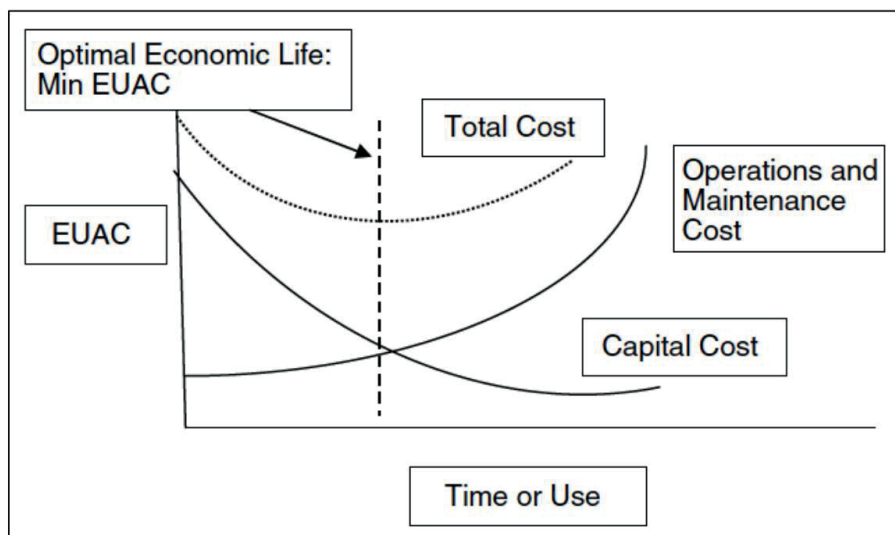


Figure 8 - Graphique Analyse coûts du cycle de vie de Kauffman
Tiré de (O'Connor 2014 p. 25)

La Figure 9 - Graphique Analyse des coûts du cycle de vie – Réelle représente un exercice réalisé par une entreprise québécoise pour des EqVéh de type fourgonnettes. On peut constater que l'écart entre 5 ou 8 ans est plus ou moins de 1 %. Cette situation donne alors une marge pour l'organisation quant à son plan de remplacement, surtout lors de pression accrue sur les budgets CAPEX. Cette donnée permettra alors de planifier un plan de remplacements des EqVéh.

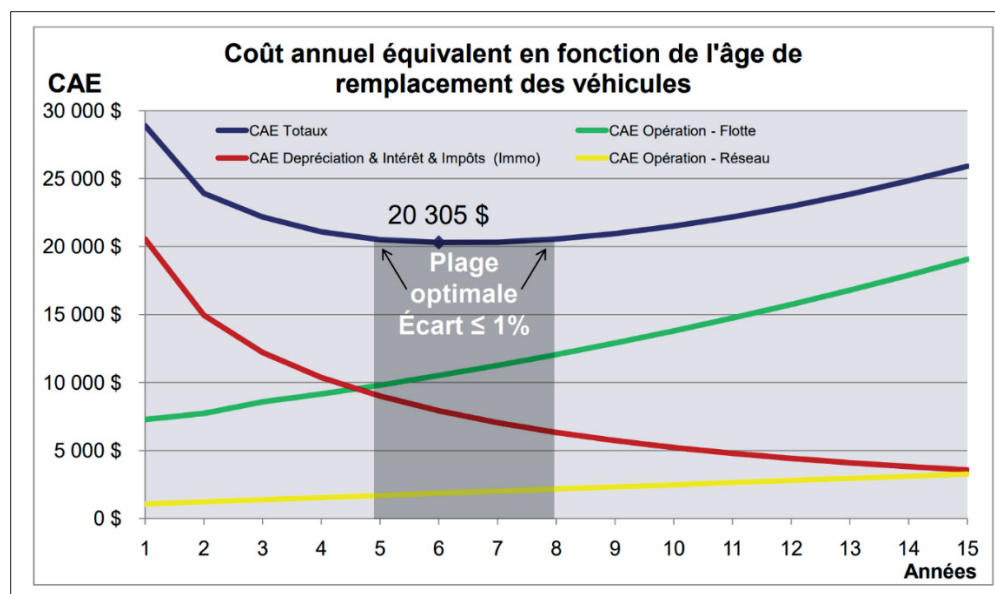


Figure 9 - Graphique Analyse des coûts du cycle de vie – Réelle
Tirée d'étude de l'analyse des coûts du cycle de vie 2011- Énergir

Cette approche n'est pas une nouveauté en soi, elle existe et est appliquée sur des actifs structurants des organisations en Amérique. Autant pour la gestion des réseaux, ayant des infrastructures de télécommunications que pour la distribution d'énergie.

L'approche de l'ACCV existe depuis les années 60 (Hu et al., 2020) et elle fut développée par les américains. On la définit comme suit dans l'article elle est définie comme suit dans l'article :

« L'évaluation du coût du cycle de vie est un processus visant à estimer la quantité de ressources financières utilisées durant la vie de l'équipement selon la performance attendue en déterminant son coût total d'utilisation»

[traduction libre]

Actuellement, au Québec, l'utilisation d'une méthode d'analyse financière n'est pas largement répandue dans le domaine de la gestion de parcs d'ÉqVéh. Elle se retrouve dans de grandes

organisations dont le parc est important. Or, il est surprenant de constater que certaines organisations, possédant des milliers d'ÉqVéh, n'utilisent pas un modèle financier pour suivre l'évolution des coûts associés à l'utilisation d'ÉqVéh pour déterminer la durée de vie économique et ce, pour procéder aux remplacements.

L'ACCV est dans les faits une composante du modèle connu ISO 14040 qui traite d'un bien du point de vue financier mais aussi sur son bilan environnemental. La prochaine section présente le tout.

1.3.3 Analyse cycle de vie

L'utilisation de l'ACCV axe l'évaluation sur les coûts directs associés à l'utilisation d'un équipement, peu importe sa nature. Cependant, dans une analyse du cycle de vie, on devrait intégrer le coût environnementale et sociétale d'un équipement.

Cette approche que l'on peut définir pas la notion du « Berceau au tombeau », signifie qu'il faut intégrer toute la chaîne de la vie d'un équipement. La norme ISO 14 040 – Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principe et cadre (14040, 2006) permet d'effectuer un exercice complet de bilan. Cette approche met l'accent sur les impacts environnementaux tel que le mentionne (Ciroth & Arvidsson, 2021).

Selon (Grenier et al., 2018) dans leur document intitulé l'Analyse du cycle de vie, ceux-ci décrivent que le cycle de vie est mesuré selon trois aspects, soit :

- AeCV Environnemental qui évaluent les impacts climatiques de l'ÉqVéh
- AsCV Social qui évaluera les impacts sociaux d'un ÉqVéh
- AcCV pour déterminer le coût économique qu'un ÉqVéh générera au cours de sa vie

Dans le présent mémoire, le troisième aspect sera privilégié, en se concentrant sur le CTP, soit les coûts financiers lors de l'utilisation. Les coûts en amont et en aval de l'utilisation d'un

équipement ÉqVéh seront exclus. À titre d'exemple, la production de la batterie pour les ÉqVéhÉ ou bien la disposition de la batterie à la fin de sa vie utile ne sont pas inclus dans le CTP.

Cependant, la norme ISO 14 040 identifie clairement que pour déterminer le coût environnemental, il faut aller au-delà de l'utilisation seulement. Il faut intégrer dans cette analyse ce qui se passe en amont, tel que l'extraction des ressources, la transformation de ces ressources et en aval, la disposition de ces ressources. Cette norme indique la méthodologie à suivre pour effectuer une telle analyse.

Le chercheur (Roy, 2016) du CIRAIG a produit une étude basée sur la norme ISO 14 040 et qui requiert des efforts important de recherches, ce qui à première vue impliquerait un effort considérable pour les entreprises. Comme déjà mentionné dans ce document, certaines organisations ne possèdent pas de SGI pour gérer les données d'entretien. Donc, l'utilisation d'un tel modèle requiert des ressources expertes pour accomplir cette tâche. La Figure 10 - Analyse cycle de vie ISO 14 040 CIRAIG présente une synthèse de l'approche que la norme requiert.

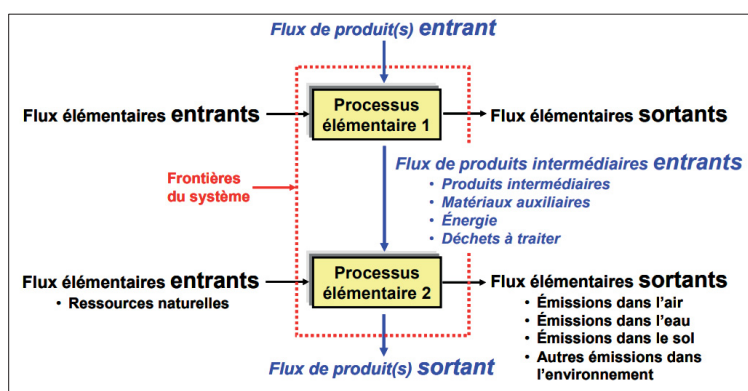


Figure 10 - Analyse cycle de vie ISO 14 040 CIRAIG

Tirée (Roy et al. 2016 p.A-5/16)

Finalement, une analyse du cycle de vie évalue les impacts environnementaux sur plusieurs éléments, ce qui rend la démarche laborieuse et, tel que déjà mentionné, des experts sont requis

pour la réaliser. Le Tableau 4 - Éléments ACV TIESS présente les différents éléments que l'organisme Territoire innovants en économie sociale et solidaire (TIESS)(Jean Grenier, 2018) a défini sur la base de la norme ISO 14 040.

Tableau 4 - Éléments ACV TIESS

Tirée de (Grenier, 2018 p.4)

Éléments potentiellement considérés dans une AsCV	
Catégories de parties prenantes	Sous-catégories d'impact
Travailleurs	Liberté d'association et de négociation collective Travail des enfants Salaires Heures de travail Travail forcé Égalité des chances/discrimination Santé et sécurité Avantages sociaux/sécurité sociale
Communautés locales	Accès aux ressources matérielles Accès aux ressources immatérielles Délocalisation et migration Héritage culturel Conditions de vie saine Respect des droits autochtones Engagement communautaire Emploi local Conditions de vie sûres
Société	Engagement public sur les enjeux du développement durable Contribution au développement économique Prévention et médiation des conflits armés Développement technologique Corruption
Consommateurs	Santé et sécurité Mécanisme de rétroaction Protection de la vie privée Transparence Responsabilité en fin de vie
Acteurs de la chaîne de valeur (autres que les consommateurs)	Saine concurrence Promotion de la responsabilité sociale Relations avec les fournisseurs Respect des droits de propriété intellectuelle

Plusieurs études indiquent que les ÉqVéhÉ n'ont pas une économie de GES instantanée. Parmi les études récentes, celle de (Woody et al., 2022) présente une analyse de trois catégories de ÉqVéh, soit un sedan, un utilitaire sport (VUS) et une camionnette. La comparaison se fait sur la base de trois types d'énergies pour la motorisation. La première étant un moteur à

combustion interne (ICEV), une deuxième utilisant seulement des batteries (BEV) et la troisième étant un hybride (HEV).

Les résultats indiquent que lorsque l'on compare le ICEV avec le BEV, il faut pour le sedan approximativement 12 000 miles pour atteindre le point mort de GES, qu'il en faut 24 000 miles pour le SUV tandis que la camionnette en requiert 21 000. La Figure 11 - Point mort entre ICEV et BEV présente les résultats.

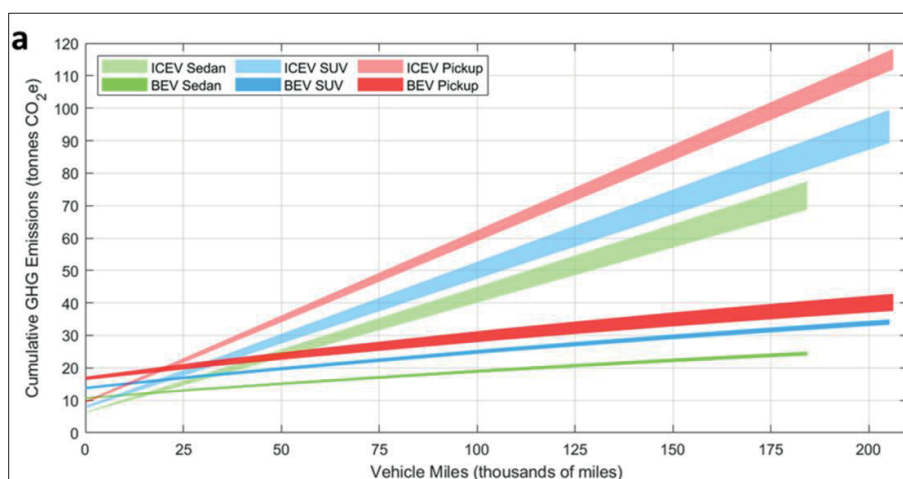


Figure 11 - Point mort entre ICEV et BEV

Tirée de (Woody et al., 2022 p.6)

Selon le type de BEV, batterie ou hybride, le nombre de miles à parcourir avant d'obtenir un point mort avec un ICEV à combustion interne peut varier.

1.3.4 Modèle de remplacement – Limite des dépenses d'entretien

Cette section présente une alternative quant au modèle de l'ACCV. On le présentera brièvement via (Drinkwater & Hastings, 1967) qui ont utilisé leurs connaissances pour étudier un tel modèle. On constate à la lecture de leurs recherches que les données utilisées font

référence à une étude de cas provenant d'ÉqVéh civils appartenant à l'armée britannique. Le tout servira à introduire le modèle de la NAVFAC à la section 1.3.4.1 Modèle NAVFAC.

Le modèle proposé par (Drinkwater & Hastings, 1967) cherche à démontrer que l'on peut remplacer un ÉqVéh en se fiant sur le cumul des coûts cumulatifs d'entretien. Ce modèle permet de procéder aux remplacements des ÉqVéh lorsque le seuil du coût de l'entretien à vie est atteint. La capture des données demeurent au centre du modèle mais il évite l'utilisation de certaines données telles que les dépenses d'amortissement,

La démonstration statistique des auteurs indique que le modèle peut s'appliquer pour la décision de remplacer ou non le ÉqVéh. Le gain économique est particulièrement intéressant pour le remplacement individuel de ÉqVéh par rapport à un remplacement dit groupé. Le groupé tient compte d'une population pour effectuer le remplacement tandis que l'approche individuelle permet de tenir compte de l'usage spécifique du ÉqVéh, donc d'imputer les coûts spécifiques à l'utilisation.

En lien avec cette approche, la NAVFAC propose un modèle ayant une similitude avec celui de (Drinkwater & Hastings, 1967).

1.3.4.1 Modèle NAVFAC

Cette approche, dont certains résultats seront présentés dans le CHAPITRE 5, a pu être possible grâce à la collaboration de l'entreprise Énergir, qui est un distributeur de gaz naturel exploitant principalement un réseau gazier dans la province de Québec. Énergir a voulu évaluer la procédure de la NAVFAC, (Naval Facilities Engineering Systems Command), afin de faciliter son processus décisionnel de remplacement.

La NAVFAC, dans son document « P-480 Management of expeditionary Equipment » (NAVFAC, 2016), présente un modèle simplifié pour déterminer le moment de procéder au remplacement d'un actif ÉqVéh. Le concept est relativement simple, soit de calculer un

pourcentage du coût d'entretien à vie sur le coût d'acquisition. Dans son document, la NAVFAC a déterminé un pourcentage à ne pas dépasser selon l'année d'entrée en service de l'ÉqVéh. Le tout est présenté sous forme de grille selon les différentes catégories d'ÉqVéh. Cette grille se base sur les valeurs de revente que l'ÉqVéh aurait si sa fin de vie était sur une période de 10 ans. Les valeurs de revente sont établies pour chaque année et chaque catégories de véhicules. Il faut aussi spécifier que chaque année à sa valeur de revente. On retrouve à l'annexe Tableau A VI - Grille NAVFAC les informations sur cette grille.

Malgré sa simplicité, un enjeu fondamental doit être adressé, soit l'intégrité des données. Dans le cas de la NAVFAC, il faut alors établir les coûts d'entretien à vie et elle définit très clairement la définition de ce qui doit être inclus dans le coût.

Le défi de cette méthode est d'obtenir plus de détails sur les tables de pourcentage établies dans les annexes de la procédure P-480. Il est à noter qu'il s'agit d'une révision de la procédure P-300 produite en 1997 (NAVFAC, 1997). De plus, cette procédure s'applique aux ÉqVéh civils.

Malgré le manque de littérature spécifique aux procédures de la NAVFAC, ainsi que de la difficulté à obtenir de l'information via les sources habituellement reconnues, elles ont le mérite de simplifier le remplacement des ÉqVéh, particulièrement pour les parcs avec un nombre limité d'unités. Les résultats de cette approche seront présentés dans au CHAPITRE 5.

1.4 Modèles d'affaires EaaS

Cette section de la revue de littérature veut présenter le modèle d'affaires EaaS, qui au centre du mémoire. La recherche de littérature effectuée traitant des bénéfices économiques pour le modèle est axée sur les équipements manufacturiers. L'utilisation de cette littérature permettra alors d'extrapoler les résultats pour les ÉqVéh. Cependant de la littérature complémentaire produite par des praticiens bonifiera la portée de la revue dans le CHAPITRE 2.

Cependant, avant de présenter les documents provenant de ces sources complémentaires, regardons d'abord la littérature scientifique sur les équipements manufacturiers, Cette littérature contribuera à nous en apprendre davantage sur le modèle. Nous pourrons, par la suite, faire des comparaisons avec les ÉqVéh. C'est ce que la section 1.4.2 Littératures sur le EaaS détaillera.

1.4.1 Définition de l'EaaS

Le modèle EaaS est avant tout un écosystème permettant de mettre en synergie quatre groupes spécifiques dans le cadre du modèle d'affaires. Le but est d'offrir à l'utilisateur (client) un produit dont la monétisation se fait sur la base de l'utilisation. Pour les ÉqVéh, on peut penser utiliser comme unité de référence d'utilisation, les heures moteurs, le kilométrage parcouru ou toute forme de mesure à l'utilisation. L'écosystème est présenté à la Figure 12 - Écosystème EaaS.

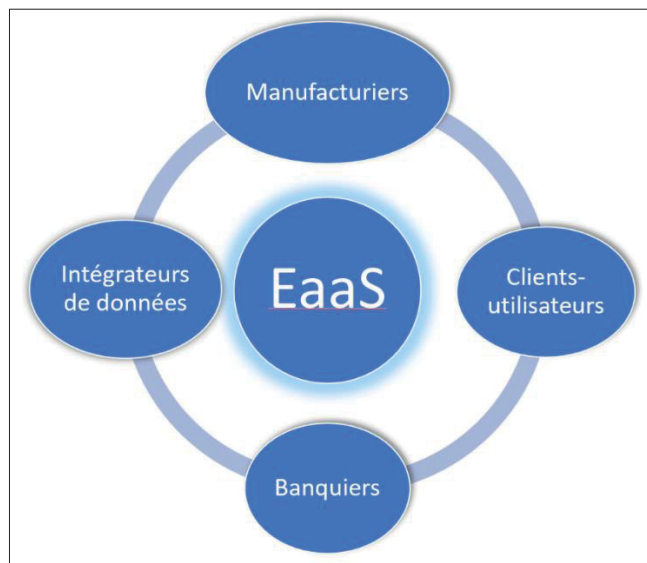


Figure 12 - Écosystème EaaS

Tirée de l'auteur

Chaque partie prenante joue évidemment un rôle spécifique dans le modèle d'affaires EaaS. Le rôle des parties prenantes est défini comme suit :

Les manufacturiers : représentent le fabricant des ÉqVéh. Dans le modèle, ils proposent ses ÉqVéh aux clients pour que ceux-ci payent à l'utilisation selon les termes contractuels. On peut les considérer comme des piliers du modèle. Cependant, sans clients, le modèle ne peut exister. On remarque que certaines jeunes pousses ne produisant pas d'ÉqVéh proposent un modèle s'apparentant à l'EaaS.

Les clients : représentent les utilisateurs des ÉqVéh. En retour d'un montant facturé à l'utilisation, ils peuvent utiliser l'ÉqVéh selon les termes contractuels. Comme les manufacturiers, les clients doivent être considérés comme un pilier du modèle puisque la relation d'affaires ne peut exister sans son apport.

Les banquiers : représentent le soutien financier que les manufacturiers et les clients doivent obtenir pour que le modèle puisse fonctionner. Dans les deux cas, on peut affirmer que la gestion du risque financier passera par cette partie prenante. On doit inclure le financement des banques, du capital de risques, des aides financières gouvernementales ainsi que le système d'innovation pour supporter les jeunes pousses en développement.

Intégrateurs de données : représentent les fabricants et les manufacturiers de solutions technologiques permettant d'obtenir les données d'utilisation d'un ÉqVéh afin, entre autres, de déterminer les heures moteur ou le kilométrage parcouru qui servira à déterminer le coût d'utilisation. Les manufacturiers des ÉqVéh sont aussi considérés, à juste titre, comme faisant partie intégrante de ce groupe puisqu'ils produisent eux-mêmes des données exploitables pour évaluer la performance. On peut faire référence à la numérisation qui permettra éventuellement de rejoindre le concept de l'industrie 4.0, soit d'être axé sur les données d'utilisation et du comportement de l'ÉqVéh lors de son utilisation (déplacement, comportement du personnel conduisant un équipement, respect des réglementations encadrant l'utilisation de certaines catégories d'ÉqVéh telles que les camions lourds qui sont régis (PECVL). À titre de référence,

les heures de conduite d'ÉqVéhL de classe 8 sont soumises à un maximum d'heures par jour. Le tout doit être consigné dans un livret prévu à cet effet. Selon la province, il sera obligatoire d'installer un dispositif de consignation électronique dans les camions qui sont visés par le législateur au plus tard au milieu de l'année 2023. L'industrie de la télémétrie ÉqVéh en fait également partie.

Fondamentalement, le modèle ne peut exister que si le manufacturier développe le modèle. Cependant, comme on constatera dans, le CHAPITRE 2, que certaines entreprises ne produisant pas d'ÉqVéh se démarquent en offrant le modèle. Quant au client, son apport consistera à interpellier les manufacturiers pour que le modèle soit disponible. Pour les autres, soit les intégrateurs et les banquiers, leur rôle fort important sera de supporter l'initiative dans l'écosystème et seront des catalyseurs du modèle EaaS.

1.4.2 Littératures sur le EaaS

Au début de cette section, il a été mentionné que la littérature concernant le modèle d'affaires EaaS spécifique aux ÉqVéh est pratiquement inexistante, particulièrement pour établir économiquement la viabilité dudit modèle. Cependant, on peut se référer à de littérature traitant du sujet pour les équipements manufacturiers. Parmi les articles cités, celui de (Stojkovski et al., 2021) traite du modèle EaaS. Pour les autres articles on utilise des qualificatifs différents. Ces mots-clés sont « performance contract », « extended service business », « sevitization », « service transition strategies » ou « bundled business model ». On peut affirmer que ces mots peuvent nourrir le modèle EaaS ». Dans le Tableau 5 - Littérature sur le modèle EaaS, on retrouve les articles qui seront cités.

Tableau 5 - Littérature sur le modèle EaaS

Tiré et adapté de l'auteur

Article	Auteurs	Terme utilisé
Equipment as a Service: The Transition Towards Usage-Based Business Models	(Stojkovski et al., 2021)	« Usage Based » que l'on peut traduire par Basée à l'utilisation dont le modèle « Performance Contract » se compare avantageusement au EaaS
Overcoming the Service Paradox in Manufacturing Companies.	(Gebauer et al., 2005)	« Extended service Business » qui peut être traduit comme étant une proposition d'affaire avec service étendu
An Approach to Life Cycle Oriented Technical Service Design	(Aurich et al., 2004)	Inclure le concept de service dans la conception du produit
Servitization: Disentangling the impact of service business model innovation on manufacturing firm performance	(Kastalli & Van Looy, 2013)	« Servitization » qui peut se traduire comme une action d'offrir des services en opposition à un produit intrinsèque
Effect of Service Transition Strategies on Firm Value	(Fang et al., 2008)	Traite de l'impact des revenus provenant des services sur la valeur de l'entreprise
Nikola Motors: a case study in bundling as a market entry strategy	(Woo & Grandy, 2021)	« Bundled business model » que l'on peut interpréter comme étant tarification groupée

Tableau 5 - Littérature sur le modèle EaaS - suite

Tiré et adapté de l'auteur

Article	Auteurs	Terme utilisé
What Is the Fish Model?	Lah, T. (2021)	Présente l'évolution des coûts et des dépenses lors de l'implantation du modèle EaaS

On pourrait ajouter de la littérature se trouvant en périphérie du modèle EaaS pour les ÉqVéh. Parmi les articles, on peut mentionner (Trinko et al., 2023) qui présente le « Charge as a Service » qui pourrait faire bénéficier la société en rendant accessible les diverses infrastructures de recharge disponibles. Cela serait particulièrement bénéfique pour les moins bien nantis. Pour compléter, l'organisation IRENA a produit un rapport (Anisie & Boshell, 2020) touchant les modèles d'affaires dont l'approche « Energy as a Service ».

Cependant, la revue de littérature sur le modèle se concentrera aux articles cités dans le Tableau 5 - Littérature sur le modèle EaaS. Des articles traitant spécifiquement des bénéfices économiques seront aussi présentés mais dans la revue complémentaire du CHAPITRE 2.

Dans l'article de (Stojkovski et al., 2021) on précise que le modèle EaaS représente un paradigme innovant amenant à un changement radical. Leur recherche a permis d'identifier quatre modèles. Ces modèles sont présentés au Tableau 6 - Modèles Basés sur l'utilisation :

Tableau 6 - Modèles Basés sur l'utilisation

Tiré, traduit et adapté de «Equipment as a service: The transition towards usage-based business models» de (Stojkovski et al., 2021) p. 26

Modèle	Définition
« Leasing plus »	Entente de location de base avec un montant prédéfini

Tableau 6 - Modèles Basés sur l'utilisation - suite

Tiré, traduit et adapté de «Equipment as a service: The transition towards usage-based business models» de (Stojkovski et al., 2021) p. 26

Modèle	Définition
« Flexible Contracting »	Entente dont l'utilisateur effectue un paiement mensuel en plus de frais basés sur l'utilisation
« Renting/Sharing »	Entente dont l'utilisateur utilise un équipement disponible en partage
« Performance Contracting »	Entente contractuelle basée sur la performance

Considérant que le fondement du modèle EaaS consiste à facturer à l'utilisation, le dernier modèle présenté, « Performance Contracting » est le plus représentatif de l'EaaS comme le souligne (Stojkovski et al., 2021) dans son article. Ce constat est le résultat d'une série d'entrevues menées en collaboration avec des experts que la « National Academy of Science and Engineering » (ACATECH) a mis à la disposition des chercheurs.

(Stojkovski et al., 2021) ajoute que le modèle EaaS repose sur la notion d'utilisation d'un équipement qui est défini par les auteurs comme définit comme « usage-based » que l'on peut traduire par basé sur l'utilisation. Cette définition reflète l'esprit du modèle EaaS.

Ces quatre modèles sont associés à des modèles d'affaires innovants, selon les auteurs, que l'on nomme en anglais dans l'article « Business Model Innovation (BMI) ». La citation suivant indique le tout:

« “Equipment as a service” is perhaps one of the most drastic examples of usage-based business model innovation (BMI) in the field today » (Stojkovski et al., 2021) p.1)

Le modèle EaaS a certes évolué depuis les années 60 et où la compagnie Rolls Royce, qui est mentionnée comme étant une des premières à utiliser le modèle, a décidé de vendre des heures moteurs avec son concept de « power by the hour ».

Un fait intéressant de l'article de (Stojkovski et al., 2021), est l'utilisation du « Business Canevas Model (BCM) » d'(Osterwalder & Pigneur, 2010). En utilisant, les neuf éléments du BCM, les auteurs ont indiqué les changements que devraient faire une organisation de son modèle d'affaires. Le Tableau 7 - Modèles d'affaires présente les quatre modèles ainsi que les aspects affectés par leurs analyses. De plus, on remarque dans le Tableau 7 - Modèles d'affaires que 8 aspects du BCM doivent être adaptés sur les 9 dans le modèle « Performance Contract » soit déployé dans une organisation. Ce modèle demande aux clients (utilisateurs) de payer une mensualité basé sur l'utilisation « uptime », cela correspond au modèle d'affaires EaaS.

Tableau 7 - Modèles d'affaires

Tirée de l'article de « Equipment as a service: The transition towards usage-based business models» p. 26

Archetypes	Leasing Plus	Flexible Contracting	Renting / Sharing	Performance Contracting
Description	User pays pre-defined, monthly usage fee in exchange for "right-of-use" and bundled-in service	User pays monthly base fee plus usage-based fee on-top in case of add. usage – service is bundled-in	User rents required equipment on-demand basis via physical (and digital) renting platform	User pays monthly performance-based fee (e.g., monetary value per uptime p.p. increase)
BMI dimensions				
Novelty	<i>New to firm</i>	<i>New to industry</i>	<i>New to firm</i>	<i>New to industry</i>
Scope (affected business model components)	<i>Modular</i>	<i>Modular</i>	<i>Architectural</i>	<i>Architectural</i>
Value Proposition	Financial optimization	+ Variable usage	+ On-demand access	+ Guaranteed availability, usage efficiency
Revenue Streams	Pre-defined, monthly usage & service fee	Pre-defined monthly basis fee + usage-based fee on-top	Time- or usage-based renting fee	Monthly performance-based fee (e.g., per p.p. increase)
Key Partners	Basic financing partnerships that bridge revenue gap (and hold equipment on balance sheet)	Strategic financing partnerships that partly assume operational risk	Basic financing partnerships that bridge revenue gap (and hold equipment on balance sheet)	Strategic financing partnerships that partly assume operational risk
Key Activities	N/A	N/A	Managing fleet	Compete equipment operations
Key Resources	N/A	N/A	Physical storage facilities and digital equipment availability management	Operations staff and capabilities
Cost Structure	N/A	N/A	Equipment storage costs, logistics costs	Operating costs
Channels	N/A	N/A	Physical and digital renting platform	Data-based cross- and up-selling
Customer Relationship	N/A	N/A	N/A	Deep trust, partnership
Customer Segments	N/A	N/A	N/A	N/A

On mentionne aussi dans l'article que les organisations devront planifier la transition avec le choix du modèle d'affaires retenu. L'élément crucial sera la notion de gestion du risque. Ce commentaire est récurrent dans les articles du présent chapitre. Une approche hybride, soit d'offrir une portion de ses produits/services en mode EaaS et une autre en mode traditionnel, permettrait de mitiger le risque associé et faciliterait la transition.

La Figure 13 - Modèles d'affaires vs choix des organisations présente les quatre modèles en mettant en relation deux vecteurs. Le premier, la nouveauté, soit est-ce que le modèle est une nouveauté pour une entreprise ou pour toute une industrie? Tout dépendant du positionnement lors de l'analyse, alors une intervention différente quant aux efforts requis pour déployer le tout sera nécessaire. Pour le deuxième vecteur, l'étendue des changements requis au modèle d'affaires est évaluée en fonction de changements mineurs « Modular » ou majeurs « Architectural » puisque la totalité du modèle d'affaires sera modifié. Cette figure permet de positionner une organisation en fonction des constats qu'elle fera dans son auto-évaluation.

Novelty	Scope	
	Modular	Architectural
	New to firm	Evolutionary BMI: Leasing Plus
New to industry	Focused BMI: Flexible Contracting	Complex BMI: Performance Contracting

Figure 13 - Modèles d'affaires vs choix des organisations

Tirée de «Equipment as a service: The transition towards usage-based business models» de (Stojkovski et al., 2021) p. 27

Cependant, quoique les éléments présentés par (Stojkovski et al., 2021) soient intéressants, les modèles présentées ne sont pas nécessairement des modèles d'affaires innovants. Les modèles « Leasing Plus », « Renting/Sharing » ou « Flexible Contracting » ne sont pas nécessairement

innovants. Effectivement, ces modèles sont présents dans la communauté des ÉqVéh depuis plusieurs années.

Seul le « Performance Contract » peut prétendre avoir de l'affinité le modèle EaaS la monétisation se fait sur la base d'un taux mensuel basé sur la performance de l'équipement.

Dans la continuité de l'article précédent, celle de (Gebauer et al., 2005) «Overcoming the Service Paradox in Manufacturing Companies», mérite d'être mentionner. Cet article ne parle pas directement du modèle EaaS mais utilise le terme « Product-related services » que l'on peut traduire par produits reliées au services. Ce qui intéressant de l'article puisque les auteurs indiquent le chemin à suivre pour gérer la transition vers la monétisation des services.

Selon les auteurs, le produit lui-même n'est plus au centre du modèle d'affaires mais on y introduit des services. Une précision est faite pour distinguer les produits offerts aux clients versus les services offerts aux clients. Ces services sont définis par (Gebauer et al., 2005) et l'on peut les résumer dans le Tableau 8- Produit vs service.

Tableau 8- Produit vs service

Tirée de (Gebauer et al., 2005) adapté et traduction libre

Produit au client	Service au client
Équipement ÉqVéh	Acquisition
Documentation technique	Installation des équipements embarqués
Inspection	Revente de ÉqVéh-Disposition
Entretien	Support Technique
Réparation	Consultation (optimisation)
	Formation technique sur le produit

Ce qui intéressant dans l'article de (Gebauer et al., 2005) est basé sur une analyse d'une entreprise spécifique, les auteurs ont conclu qu'une corrélation existait entre une croissance

des revenus en services et la marge d'exploitation. La Figure 14 - Exemple corrélation Services vs Bénéfices Exploitation présente le tout.

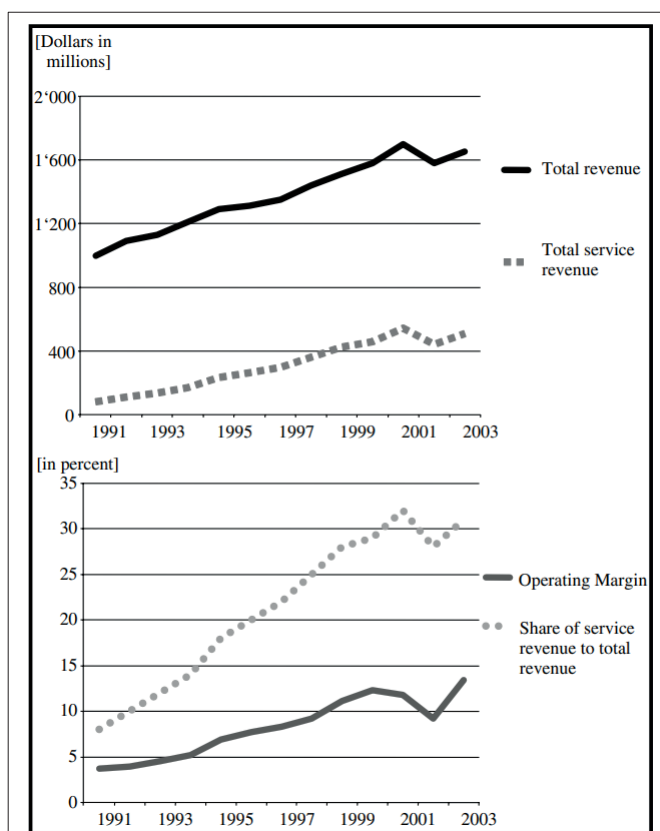


Figure 14 - Exemple corrélation Services vs Bénéfices Exploitation

Tirée de (Gebauer et al., 2005) p. 15

Cependant, le constat des auteurs est différent pour leur modèle « Extended Service Business » lorsque que toutes entreprises étudiées sont prises en compte. Le résultat d'un échantillonnage de 199 entreprises ne permet pas de conclure que les revenus générés par la vente de services soient aussi prolifiques que dans la Figure 14- Exemple corrélation Services vs Bénéfices Exploitation.

Les résultats indiquent que seulement 11,1 % des entreprises manufacturières sondées ont un revenu des services supérieurs à 40 %. Alors que 38,7 % ont des revenus provenant de la vente

de services se trouve dans l'intervalle de 0 et 10 %. La Figure 15- Répartition des revenus provenant de services présente ces résultats.

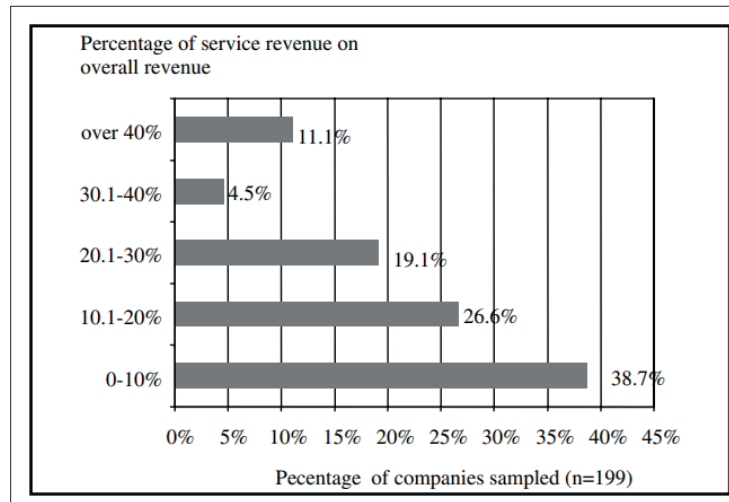


Figure 15 - Répartition des revenus provenant de services

Tirée de (Gebauer et al., 2005) p. 16

Le résultat de ce constat pour (Gebauer et al., 2005) est alors défini par le terme « Service paradox », que l'on peut traduire par le paradoxe du service. Cela représente les défis associés pour transiter du modèles d'affaires produits vers un modèle d'affaires basé sur la génération de revenus provenant de services.

Pour réussir le passage au modèle décrit par (Gebauer et al., 2005), les actions suivantes doivent être au cœur de la transformation du modèle d'affaires. Dans un premier temps, il est essentiel que la haute direction assume avant tout le leadership requis pour atteindre les stratégies d'affaires visées par les organisations. La haute direction est alors le niveau hiérarchique qui doit rassurer les gestionnaires de l'organisation afin de mettre en place les conditions gagnantes à cette transition. La haute direction soit aussi s'assurer que ses gestionnaires aient la motivation requise pour mener à bien la mise en place du modèle « Extended Service Business ».

Pour que l'organisation soit en synergie avec la transition du modèle d'affaires, on se doit aussi, selon (Gebauer et al., 2005), on doit conjuguer avec trois phénomènes cognitifs dont les gestionnaires doivent affronter. Le premier est la capacité de réaction face à des situations inconnues. Le deuxième est le scepticisme face aux bénéfices économiques. Le troisième étant l'aversion face au risque. On peut consulter la Figure 16 - Phénomènes cognitifs :

Factors motivating managers to extend the service business	Cognitive phenomena limiting managerial motivation to extend the service business	Impact of cognitive phenomena on managerial motivation
Valance	Overemphasis on obvious and tangible environmental features	The overemphasis on obvious and tangible environmental characteristics explains why managers do not place a high valance (reward) on extending the service business, thus limiting the investment of resources in service.
Expectancy	Scepticism of the economic potential of services	Scepticism of the economic potential explains why managers seem to underestimate the probability that their effort in the service area will result in successful performance.
Instrumentality	Risk aversion	Risk aversion limits managerial expectations of estimating accurately the probability that extending the service business will result in receiving the reward.

Figure 16 - Phénomènes cognitifs

Tirée de l'article « Overcoming the Service Paradox in Manufacturing Companies » de (Gebauer et al., 2005) p. 17

On se doit aussi de mentionner des aspects qui vont au-delà de la motivation des gestionnaires. Ces aspects, selon (Gebauer et al., 2005), sont résumés dans le Tableau 9 - Aspects organisationnels.

Tableau 9 - Aspects organisationnels

Tirée et traduit de l'article « Overcoming the Service Paradox in Manufacturing Companies de (Gebauer et al., 2005) p. 17

Aspects
Établir une approche orientée vers le marché et clairement définir le processus de développement de service
Focaliser les services offerts dans la proposition de valeur au client
Entamer le marketing relationnel
Définir clairement la stratégie de « service »
Implanter une entité organisationnelle dédiée au modèle de « service »
Développer une culture associée au modèle de « service »

Ces aspects tracent la voie pour les organisations voulant faire la transition vers le modèle d'affaires « Product-related services » qui s'apparente aux EaaS. Cela requiert un très grand leadership afin d'atteindre l'objectif de la transition.

Un troisième article de la revue traite du cycle de vie lors de la conception du produit. Les auteurs (Aurich et al., 2004), indique que dans la perspective du manufacturier, une attention particulière devrait être considéré lors de l'élaboration du produit. Ce constat permet d'optimiser la durée de vie du produit mais aussi de développer des composantes plus performantes pour éviter tous bris dans son utilisation. Cette approche est au cœur du modèle EaaS qui cherche à réduire les temps d'arrêt au maximum. Le tout se reflètera sur les bénéfices de l'organisation.

Dans le cadre de négociation, le client voudra s'assurer que le produit soit fabriqué selon les spécifications techniques permettant d'atteindre la performance attendue du client. Pour cette raison, la conception du produit devient un argument additionnel pour la commercialisation. Lors des étapes de conception, puisque le modèle EaaS l'exige, des capteurs mesurant la performance deviendront alors un outil pour mesurer l'utilisation de l'équipement.

Pour poursuivre sur des sujets permettant d'être associés avec le EaaS, on peut mentionner le « Servitization ». On peut traduire par servicisation (Peillon, 2016) qui une approche permettant aux entreprises d'effectuer un changement majeur dans leur modèle d'affaires en utilisant en introduisant les services dans son offre.

Parmi les articles sur le sujet, celui de (Kastalli & Van Looy, 2013) intitulé « Servitization: Disentangling the impact of service business model innovation on manufacturing firm performance », permet de faire un rapprochement intéressant avec le modèle EaaS applicable aux équipements manufacturiers. L'article aborde la notion de relation entre le manufacturier et le client. On mentionne que la création de valeur est avant tout l'opportunité pour un client de se prévaloir d'un modèle différent pour posséder un équipement en intégrant divers services du manufacturier.

La partie la plus intéressante de l'article concerne les analyses économiques. Fondamentalement, les auteurs ont étudié la corrélation entre les la vente de services et les impacts sur les revenus d'une entreprise en Europe. Cette analyse avait pour objectif de valider certaines hypothèses afin d'évaluer la performance de la vente de services en lien avec la vente intrinsèque d'équipements.

Cette entreprise, Atlas and Copco qui produit des compresseurs à air pour le marché des bouteilles de plastiques, des textiles et des automobiles dont le prix varie entre 50 000 et 100 000 Euros, possède plus de 44 filiales dans différents pays couvrant la majorité des pays d'Europe, d'Amérique du Nord, en d'Asie, d'Afrique et du Moyen-Orient. Le revenu de cette

entreprise au moment de l'écriture de l'article était de 3,2 milliards euros. Leurs analyses furent réalisées sur une période de trois ans.

Considérant le tout, (Kastalli & Van Looy, 2013) ont émis deux hypothèses, dont la première qui se divise en trois. Le Tableau 10 – Adaptation et Traduction libre des hypothèses résume le tout.

Tableau 10 – Adaptation et Traduction libre des hypothèses
Tirée, traduit et adapté de (Kastelli & Van Looy, 2013 p. 171-172)

Hypothèses	Définition
H1a ↑↑ Vente de produits ↑↑ Vente de services	Une augmentation dans la vente du produit va générer une augmentation de vente en services. Cette hypothèse sous-tend un aspect de cycle de vie prolongée puisque l'augmentation de vente de services, dont l'entretien, aura comme conséquence que le produit sera mieux entretenu et ainsi prolongera sa durée de vie. Cela permettra au client de bénéficier plus longtemps de son équipement.
H1b ↑↑ Vente de services ↑↑ Vente de produits	Une augmentation de vente en services va générer une augmentation des ventes en équipements. Un engagement plus régulier du manufacturier permettra de mieux connaître les besoins du client qui sera plus satisfait et qui en demandera plus au manufacturier.

Tableau 10 – Adaptation et Traduction libre des hypothèses - suite
Tirée, traduit et adapté de (Kastelli & Van Looy, 2013 p. 171-172)

Hypothèses	Définition
H1c ↑ Proximité client ↑ Vente de produits	Une meilleure proximité avec le client (fréquence des visites des techniciens) va entraîner une augmentation des revenus.
H2 ↑ Vente de services ↑ Profitabilité	Une relation entre l'augmentation des revenus de services donne une évolution curviligne.

Sur la base de ces hypothèses (Kastelli & Van Looy, 2013) proposent de faire l'analyse selon cinq modèles en croisant certaines hypothèses. Le tout est présenté dans le Tableau 11 - Modèles Kastelli & Van Looy.

Tableau 11 - Modèles Kastelli & Van Looy
Tirée, traduit et adapté de (Kastelli & Van Looy, 2013 p. 177)

Modèle	Hypothèses combinées
M1 : H1a	↑ Vente de produits ↑ Vente de services
M2 : H1b+H1c	↑ Vente de services ↑ Vente de produits + ↑ Proximité client ↑ Vente de produits

Tableau 11 - Modèles Kastelli & Van Looy - suite
 Tirée, traduit et adapté de (Kastelli & Van Looy, 2013 p. 177)

Modèle	Hypothèses combinées
M3 : H1a+H2	↑↑ Vente de produits ↑↑ Vente de services + ↑↑ Vente de services Profitabilité
M4 : H1b+H2	↑↑ Vente de services ↑↑ Vente de produits + ↑↑ Vente de services ↑↑ Profitabilité
M5 : H1c+H2	↑↑ Proximité client ↑↑ Vente de produits + ↑↑ Vente de services ↑↑ Profitabilité

Les résultats de leurs études et les données de l'entreprise Atlas Copco (Kastalli & Van Looy, 2013), indiquent :

- 1) Que pour le modèle M1, chaque vente de 1 euro en équipement générerait des ventes de 0,86 euro en service, le tout basé sur l'hypothèse H1a
- 2) Que pour le modèle M2, chaque vente de 1 euro en service générerait 1,56 euro en produit le tout basé sur l'hypothèse H1b et que 0,35 euro additionnel serait généré sur la variable de la proximité du client, le tout sur la base de l'hypothèse H1c

- 3) Que pour le modèle M3, il y a absence de relation linéaire, le tout basé sur l'hypothèse H2
- 4) Que pour le modèle M4, la relation quadratique n'existe pas, le tout basé sur l'hypothèse H2
- 5) Que pour le modèle M5, la relation cubique n'existe pas, et ce, en s'appuyant sur l'hypothèse H2. Cette relation est plutôt curviligne.

Les résultats sont plutôt encourageants pour une entreprise voulant transiter la vente de service auprès de ses clients. L'apparente similitude avec le modèle EaaS est aussi un chemin possible pour une entreprise produisant des équipements. Pour le manufacturier, on démontre que des revenus potentiels additionnels sont possibles, comme le démontrent les hypothèses testées H1a, H1b et H1c. Quant au client, via l'hypothèse H1b, le modèle permettra d'avoir un produit dont le cycle de vie sera plus élevé puisque le manufacturier fabriquera des équipements plus performants afin de répondre aux besoins du client puisqu'il sera présent régulièrement dans les installations de ce dernier et pourra ainsi développer une meilleure connaissance de ses activités.

Pour le manufacturier, ce qui est intéressant de constater c'est l'évolution que prendrait la relation entre l'augmentation des ventes en services par rapport à sa profitabilité. Les entreprises commerciales sont avant tout en affaires pour rentabiliser leurs investissements. Les résultats des travaux de (Kastalli & Van Looy, 2013) indiquent qu'il n'y a pas de relation linéaire entre les revenus en service et la profitabilité de l'entreprise.

La relation est plutôt curviligne avec deux niveaux de flexion. Le premier survient vers 25 % alors que le deuxième se produit vers 68 %. On mentionne que les investissements requis pour atteindre une croissance de la profitabilité sont marginaux entre approximativement 0 % et 25 %. Cependant, des investissements majeurs dans les ressources humaines, matérielles et financières sont plus intenses entre approximativement 26 % et 60 %. Par la suite, soit après approximativement 61 %, l'effet des économies d'échelles ainsi que le coût marginal associé

à l'ajout d'une unité de revenus permet à la profitabilité de poursuivre son ascension. La Figure 17 - Courbe Service vs profitabilité Kastelli & Van Looy est présentée.

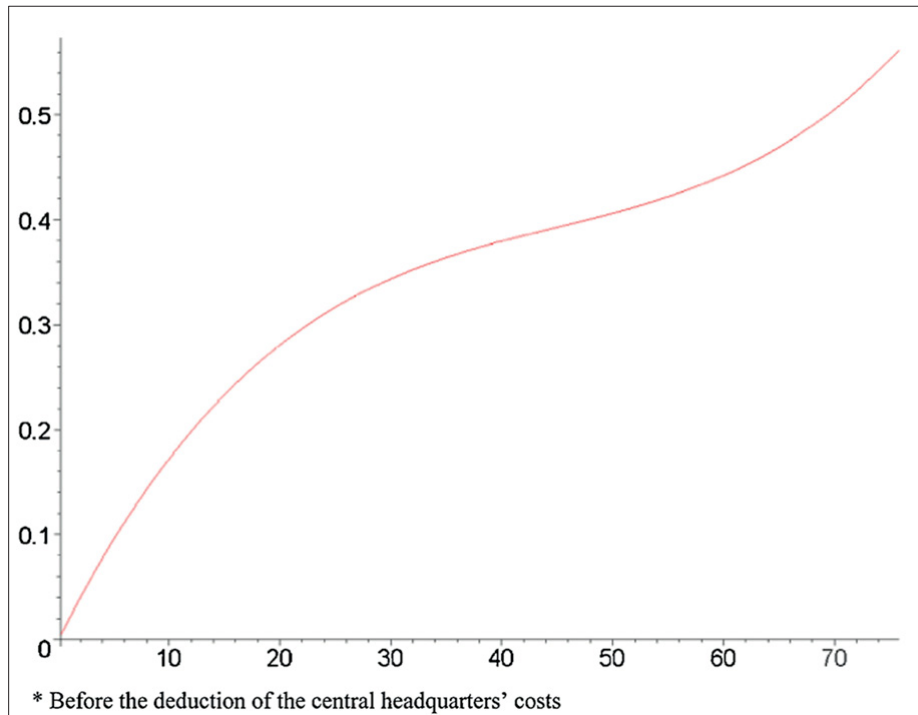


Figure 17 - Courbe Service vs profitabilité Kastelli & Van Looy
Tiré de Kastelli & Looy (2013, p. 176)

C'est dans cette intervalle qu'une entreprise se trouve face à la décision de poursuivre ses activités de ventes en services pour atteindre une meilleure profitabilité selon ce que (Kastalli & Van Looy, 2013) font référence dans le concept de « servitization paradox » qu'explique (Gebauer et al., 2005). Les y étant le niveau de service et les x le niveaux de profits.

Pour revenir à (Kastalli & Van Looy, 2013), on mentionne que le modèle EaaS a été adopté par plusieurs organisations comme ABB, Caterpillar, GE, IBM, XEROX mais aussi par Rolls-Royce avec son programme « Total Care Solution Package » qui fait en sorte que le client, la compagnie aérienne, ne paie que pour les heures d'utilisation lorsque l'avion, donc le moteur, est utilisé.

Cette aventure de Rolls-Royce a débuté dans les années 70 comme l'indique une entrevue avec un ancien dirigeant de Rolls-Royce (RR, 2022) responsable de la maintenance aux installations de Montréal. Lors de cette entrevue (RR, 2022), Rolls-Royce décida alors de développer son programme « Total Care Solution Package ». Fondamentalement, ce modèle d'affaires permettait de fournir les moteurs aux manufacturiers d'avions et, par conséquent, le client n'avait l'obligation de payer que seulement lorsque le moteur était en vol. Cette stratégie voulait alors réduire les risques pour le client mais aussi de s'assurer, pour Rolls-Royce, des revenus prévisibles. Le fabricant de moteur se devait aussi d'avoir accès aux données de fonctionnement dudit moteur en temps réel. Cela permettait à Rolls-Royce de pouvoir planifier les arrêts pour la maintenance mais aussi pour le remplacement de composantes du moteur.

Rolls-Royce a introduit le modèle EaaS de la manière suivante : L'approche stratégique fut alors de valider avec le service de l'ingénierie certaines pièces de remplacement dont le coût était important. À titre d'exemple, la résultante fut de préconiser de réparer les lames des moteurs au lieu de remplacer la totalité de la pièce au coût de 250 000 \$. Le modèle antérieur, qui reposait sur la facturation du temps et du matériel, était de totalement imputer au client alors que le nouveau modèle permettait à Rolls-Royce de réduire le coût total d'opérations, qui était alors facturé sur la base de l'utilisation.

Les résultats globaux des différentes hypothèses sont disponibles au Tableau A VII Hypothèses Kastelli en annexe.

Cette période de baisse de profitabilité peut aussi être comparée au « Fish Model » de la firme Technology & Services Industry Association (TSIA) dont l'un de leurs sujets est « Technology as a Service ». Ce modèle indique que les revenus seront à la baisse pendant une période donnée alors que les coûts seront à la hausse durant la même période. Cette période constitue la durée de la transformation requise pour passer du modèle en place dans une organisation vers un modèle d'affaires basées sur les revenus de services. La Figure 18 - The Fish Model présente le tout.

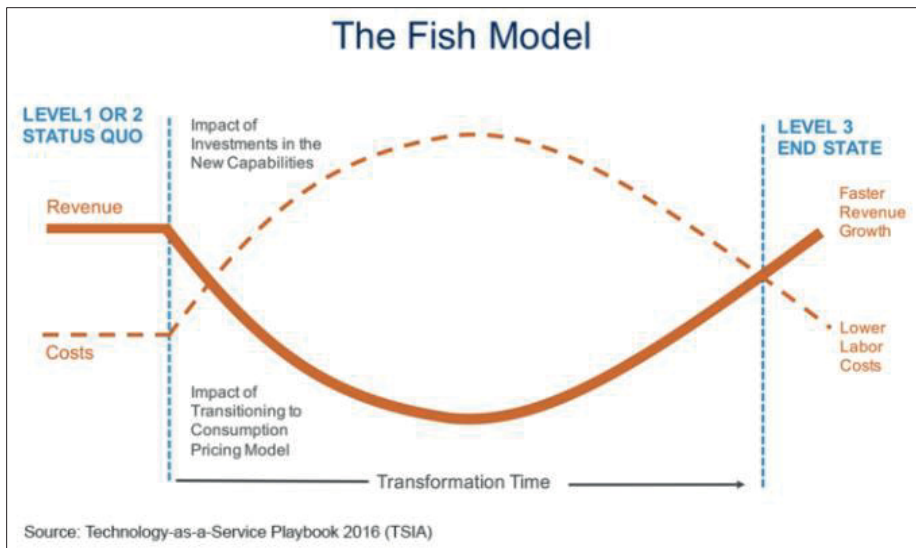


Figure 18 - The Fish Model

Tirée de l'article « What Is the Fish Model? » de Lah, 2022 p.2

Dans un autre article, (Fang et al., 2008) mentionne que l'approche « Servitization » peut générer jusqu'à 31 % en ventes en mode services. Toujours selon (Fang et al., 2008), lorsqu'une organisation atteint un ratio de services variant entre 20 % et 30%, elle se positionne avantageusement pour accélérer ce ratio et ainsi générer plus de valeur à l'entreprise.

Pour poursuivre, un rare article traitant de la vente groupée de produits et services pour les ÉqVéhÉ et ÉqVéhH de (Woo & Grandy, 2021) sur Nikola Motors apporte un éclairage additionnel sur le modèle EaaS. Les auteurs mentionnant que Nikola propose une tarification regroupant les divers services requis pour l'utilisateur d'un ÉqVéh. Le terme anglais utilisé est « Bundled business model ». Cela signifie qu'en regroupant les divers coûts associés à l'utilisation d'un ÉqVéh, le client devrait bénéficier d'économies d'échelles qui seraient alors générées par le processus d'acquisition.

Nikola mise sur la collaboration avec des partenaires clés pour réussir son arrivée sur le marché des ÉqVéh. On mentionne l'exemple du carburant, soit l'hydrogène, dont les stations de ravitaillement seraient construites et/ou acquises par le manufacturier Nikola. Le manufacturier veut créer une intégration verticale pour les stations en créant plus de 700 stations aux États-

Unis et au Canada en collaboration avec Nel (NEL, 2023) qui est producteur d'hydrogène. Nikola possède aussi une entente avec Ryder pour l'entretien.

En soit toute la stratégie de Nikola repose sur une tarification groupée pour les composantes de coûts : ÉqVéh, carburant et maintenance. La Figure 19 - Modèle d'affaires Nikola vs compétiteurs

Table 1 Comparison of business models (current players vs Nikola)			
Areas	Current market	Bundled business model	
Truck manufacturing	Daimler, Paccar, Volvo, Navistar etc.	Nikola	In-house
Sales	Dealers (e.g., Velocity truck centers, TEC Equipment)		
Leasing/financing	Dealers or leasing specialized firm (e.g., LRM leasing etc.)		
Maintenance	Dealers, local service shop or specialized firm (e.g., V&H Inc., Ryder Systems, Inc.)		Through partnership with Ryder
Fuel	Fuel stations (e.g., Love's)		Through partnership with Nel

Figure 19 - Modèle d'affaires Nikola vs compétiteurs

Tirée de (Woo & Grandy 2021 p. 64)

Ce modèle d'affaires se compare à ce que représente le modèle EaaS, à la différence qu'il exige d'intégrer plusieurs produits et services et de facturer les clients. Cependant on ne mentionne pas si la tarification se fait sur la base de l'utilisation mais elle inclut le camion, le service et l'entretien mais, ce qui est un avantage concurrentiel le carburant. Ce modèle donne une prédictivité aux clients.

1.5 Le chemin vers EaaS pour les ÉqVéh

Dans les recherches effectuées sur le modèle d'affaires EaaS, on retrouve la conception d'un outil qui a été développé par l'Université St.Gallens avec le laboratoire « Bosch IoT Lab » qui s'intitule « The St.Gallens EaaS Navigator » (Wortmann et al., 2021).

Cet outil développé spécifiquement pour les ÉqVéh permet de naviguer vers la mise en place du modèle EaaS. L'outil propose 66 cartes types pour chacune des 7 étapes à franchir pour atteindre l'implantation du modèle. La Figure 20 - Navigator St.Gallens.

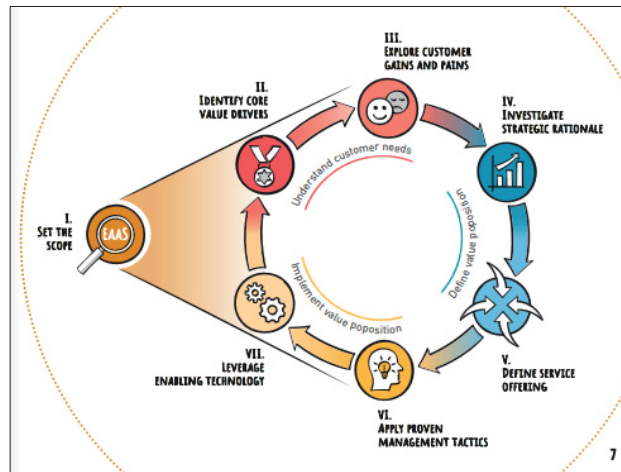


Figure 20 - Navigator St.Gallens

Tirée de The St.Gallen EaaS Navigator (Wortmann et al. 2021)

Cet outil est le résultat de l'analyse de plus de 200 entreprises manufacturières fait par (Wortmann et al., 2021) afin de développer une approche scientifique pour l'implantation du modèle d'affaires EaaS.

CHAPITRE 2

REVUE DE LITTÉRATURE COMPLÉMENTAIRES (PRATICIENS)

Dans le chapitre précédent, une revue de la littérature scientifique fut présentée. Cependant, cette littérature ne traite pas directement du modèle d'affaires EaaS. On traite plutôt le tout avec des thèmes apparentés sans nommer spécifiquement le modèle EaaS. Cette situation permet d'introduire de la littérature complémentaire produite par des praticiens. Parmi les plus intéressantes citons celles produites par des firmes de comptables réputées, des firmes de consultation bien établies ainsi que des sociétés d'état.

En plus de ces sources les manufacturiers d'ÉqVéh, dans le contexte de la transition énergétique, présentent des modèles d'affaires différents pour certains, dont le « Truck as a Service (TaaS) ». Cette situation permet de bonifier la revue de la littérature complémentaire sur les avancées techniques mais aussi économique. Des jeunes pousses saisissent l'occasion pour proposer un modèle d'affaires s'apparentant au EaaS, particulièrement pour offrir des alternatives dans le cadre de la transition énergétique en cours. On vise particulièrement les ÉqVéhL de classe 8 puisque l'analyse des résultats dans le CHAPITRE 4 portera sur ce type de camion.

Finalement, pour permettre une évaluation de la croissance du marché du EaaS, certaines données sont présentées dans la section 2.2 Les tendances économiques.

2.1 Firmes spécialisées

La section Firmes spécialisées présentera la revue complémentaire des firmes de comptables ainsi que des firmes de consultation.

2.1.1 Deloitte

Un premier document intéressant est produit par la firme Deloitte dont le titre est évocateur sur modèle d'affaire EaaS soit « Equipment-as-a-Service From Capex to Opex - new business models for the machinery industry » (Deloitte, 2021) explique très bien le concept avec un certain regard sur les aspects économiques. Dans le document, un exemple générique indique que le profit potentiel additionnel pour le modèle EaaS est de 4 000 euros passant de 19 000 à 23 000 euros. Les activités contribuant le plus à cette performance sont le financement et la revente alors la vente du produit réduit les profits potentiels. Le Tableau A VIII - Deloitte Exemple générique est disponible en annexe.

Dans la proposition de Deloitte sur le EaaS, le manufacturier conserve le contrôle sur l'équipement. Le manufacturier peut alors effectuer une remise à niveau de l'équipement et de le remettre dans le cycle économique pour contribuer au modèle de l'économie circulaire. Cela renforce le modèle EaaS et contribue au développement durable.

Un autre aspect intéressant du document est la Figure 21 - Modèle évolutif EaaS Deloitte qui présente le cheminement que le modèle EaaS peut suivre. On remarque à la base, le produit lui-même, soit l'équipement, puis complètement à l'opposé le modèle pur du EaaS.

Cela indique que tant le manufacturier, que le client peuvent évoluer avec le temps pour rejoindre le modèle pur. On peut mentionner que pour les ÉqVéh, les manufacturiers offrent des contrats de service d'entretien, des services sur la route, et des garanties prolongées. Ces modalités permettent aux clients de faire des choix à la carte pour répondre à leurs besoins spécifiques. On verra dans la section 2.3 Les manufacturiers émergents, que certains offrent des ÉqVéh selon le modèle pur à des clients.

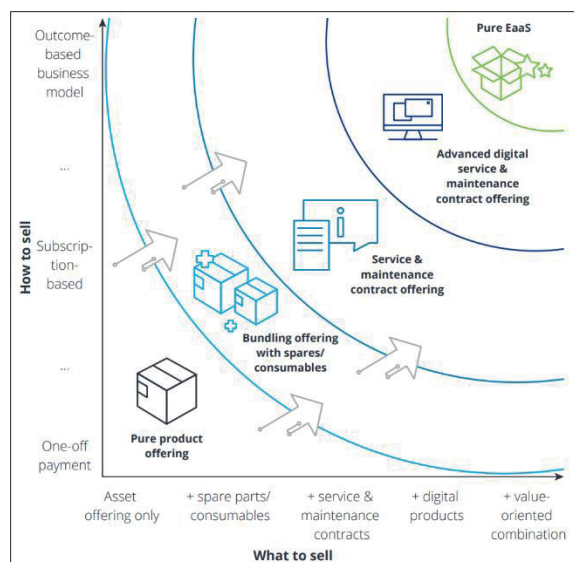


Figure 21 - Modèle évolutif EaaS Deloitte

Tirée de (Deloitte 2021 p. 6)

Enfin, Deloitte fait aussi référence au « Fish model » de (Lah, 2021) pour indiquer qu'il y a doit y avoir une période de transition entre l'évolution vers le modèle EaaS tel que présentée à la Figure 18 - The Fish Model.

2.1.2 Bain & Company

Dans la revue de littérature complémentaire de firmes spécialisées, on peut ajouter un article d'une firme de consultant soit Bain and Company sous (Burton et al., 2019) qui présente aussi les avantages économiques possibles du modèle EaaS avec le modèle traditionnel tel que présenté à la Figure 22 – Ventes traditionnelles vs EaaS – Bain.. Le gain associé pour le manufacturier serait de 25 % de revenus additionnels alors que le client bénéficierait d'une économie de 15 % sur ses coûts d'opérations. On remarque que les revenus additionnels proviennent presque entièrement des éléments composants les coûts de la chaîne de valeur.

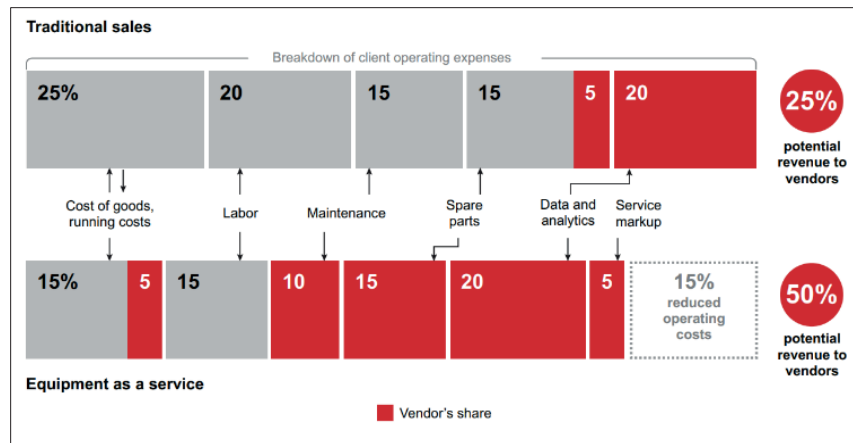


Figure 22 – Ventes traditionnelles vs EaaS – Bain

Tirée de (Burton 2019 p.3)

Bain and Company tout comme Deloitte fait référence au « Fish Model » (Lah, 2021) dans l'article de (Burton et al., 2019) tel que présenté à la Figure 18 - The Fish Model. Cela permet de croire que cette approche développée par la « Technology & Services Industry Association (TSIA) » peut être considérée pour le présent mémoire.

On doit noter que Bain & Company est une firme de consultants œuvrant dans le monde dans plus de 39 pays avec 64 bureaux. Cela ne fait pas de Bain & Company une entreprise indépendante puisqu'elle dessert avant tout des clients en vue de tirer des revenus de sa documentation. Cette documentation fait donc partie intégrante des services professionnels prodigués aux clients.

On ne peut faire abstraction que les deux firmes précitées font du service conseils, donc auront tendance à vouloir générer des revenus pour leurs firmes respectives, ce qui peut influencer la présentation de leurs analyses. Cependant, on peut raisonnablement utiliser le tout en synergie avec les articles scientifiques précédemment cités dans la section 1.4 Modèles d'affaires EaaS. Ce qui est aussi à souligner est que l'article de Deloitte a été produit en Allemagne alors que celui de Bain & Company a été écrit aux États-Unis. Donc, sur deux continents distincts.

2.1.3 InnovHQ & Cléo Innovations Inc.

Ces organisations sont dans les faits la même entreprise. Le changement de nom s'est fait en 2022 pour devenir Cléo Innovations Inc. On doit mentionner que Cléo est une filiale d'Hydro-Québec distributeur d'électricité au Québec. Au début, elle a préconisé le modèle d'affaires « Energy as a Service (ENaaS) ». Pour s'adapter à son marché, elle a abandonné le vocable ENaaS mais offre toujours les mêmes services. Il s'agit plus d'un changement de stratégie commerciale qu'un changement des services offerts.

Lors d'une conférence donnée par le Carrefour Logistique des HEC (Roy, 2021), le président d'InnovHQ de l'époque, monsieur Simon Racicot-Daigneault a fait une présentation sur les infrastructures de transport dont auront besoin les parcs d'ÉqVéh électriques dans les prochaines années. Selon ses propos l'électrification des transports devait utiliser 8,6 TWh d'ici 2030, la Figure 23 - Potentiel TWh Électrification des transports HQ présente le tout et décline selon des catégories d'ÉqVéh. Cette consommation représente un peu plus de 5 % de la consommation intérieure en 2020 qui était de 202,7 TWh dont 31,3 destinées à l'exportation.

Selon HQ cette même figure, InnovHQ indique certains constats pour donner suite à un atelier sur le EaaS réalisé avec la firme McKinsey en septembre 2020. Un des constats est qu'un coût total de possession équivalent avec le diesel n'est pas nécessairement suffisant pour passer à l'énergie électrique pour ses ÉqVéh.

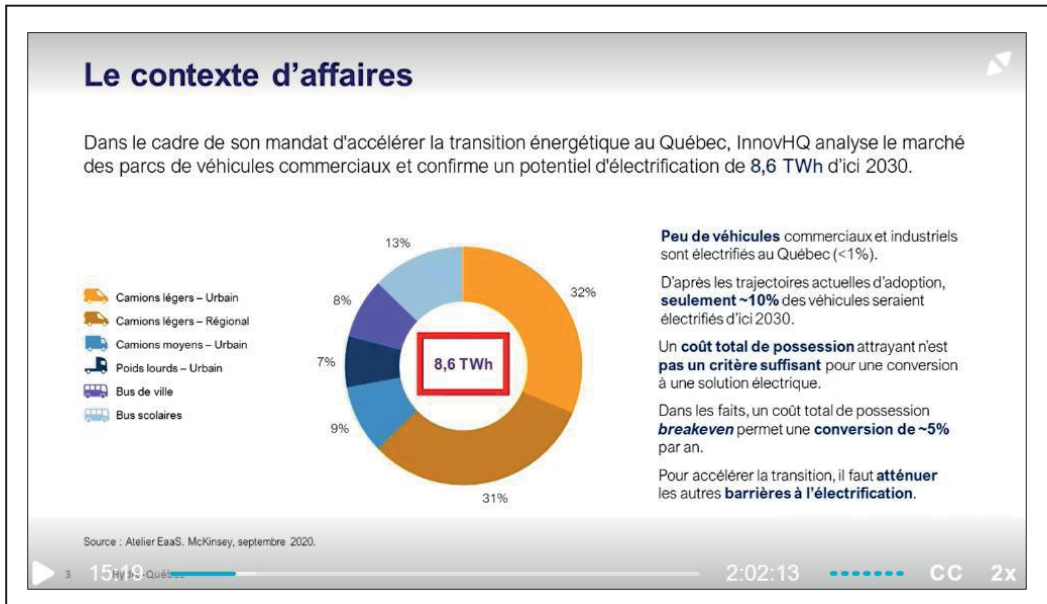


Figure 23 - Potentiel TWh Électrification des transports HQ

Tirée de (Conférence Carrefour HEC 2021 15 :19 mm;ss)

On mentionne aussi que des barrières à l'électrification doivent être prises en compte afin de supporter la transition énergétique. Parmi les barrières citées les investissements en capitaux requis se pointent au deuxième rang. Le Tableau 12 - Barrières à l'électrification HQ présente les cinq barrières identifiées.

Tableau 12 - Barrières à l'électrification HQ

Tirée de (Conférence Carrefour HEC 2021 16 :54 mm;ss)

Barrières à l'électrification
La disponibilité de véhicules qui correspondent à leurs besoins opérationnels
Les investissements en capitaux requis
La planification, le déploiement et l'exploitation de l'Infrastructure de recharge
L'accès au réseau d'Hydro-Québec
La gestion des plans de charge et de la consommation énergétique

Les services offerts par InnovHQ sont alors de proposer une solution clé en main afin que le client puisse obtenir « sa » solution pour son mode opérationnel spécifique. Ce qui est proposé en 2023 par Cléo a évolué. L'entreprise a décliné ses offres en plusieurs options qui reflètent les besoins du client. Par exemple, deux options sont maintenant disponibles pour le niveau de service de maintenance des équipements de recharge, soit clé en main ou à la carte. La plateforme intelligente de gestion de la recharge, incluse dans la solution, mais aussi vendue seule, se décline maintenant aussi en deux options, soit la version de base et la version avancée. En résumé, les solutions proposées par Hydro-Québec sont présentées au On peut consulter les solutions au Tableau 13 - Solution de recharge HQ.

Tableau 13 - Solution de recharge HQ
Tirée de (Conférence Carrefour HEC 2021 17 :58 mm:ss)

Solution de recharge clé en main
Partenaire de confiance (service personnalisé)
Prise en charge des installations de recharge
Gestion intelligente de la recharge et optimisation de la consommation énergétique
CAPX-OPEX
Décharge des risques (Techniques, Financiers et Opérationnels)

Malgré le changement de vocable, ENaaS, Cléo offre toujours les divers services requis pour électrifier un parc d'ÉqVéhÉ.

2.2 Les tendances économiques

Dans la section 2.1 Firmes spécialisées Deloitte et Bain indique des croissances respectives de 4 000 euros et de 25 % en utilisant le modèle EaaS. Pour compléter la projection de croissance économique du modèle, certaines données d'organismes sont présentées. Parmi ces firmes ont

peut citer : Research and Markets, Frost and Sullivan et Transparency Market research. Le Tableau 14 - Projection croissance des revenus EaaS présente le tout.

Tableau 14 - Projection croissance des revenus EaaS

Tiré et adapté par l'auteur

Firmes	Projections	Firme et sources
Research and Markets	Croissance de 66 milliards dollar US de 2021 à 2025	Fondée en 2002 dans un seul but afin de bâtir des ponts entre les entreprises et les tendances du marché. Pour favoriser la prise de décision. Plus de 450 clients de Fortune 500, utilisent leurs services. https://www.researchandmarkets.com/reports/4730443/truck-as-a-service-market-forecast-to-2025
Frost & Sullivan	Généra 250 milliards dollar US en revenus	Fondée en 1961 à New-York. Présente dans la majorité des continents dans le monde avec près de 40 bureaux avec 1200 employés. Elle a développé une approche permettant d'analyser les marchés de plusieurs industries dont les ÉqVéh. https://www.fleetowner.com/operations/video/21700772/truck-as-a-service
Transparency Market Research	Croissance de 154 milliards dollar US de 2021 à 2031	Fondé en 2011 aux États-Unis, cette firme qui produit des analyses sur l'intelligence d'affaires pour différents marchés avec près de 400 employés. https://www.transparencymarketresearch.com/truck-as-a-service-market.html

Tableau 14 - Projection croissance des revenus EaaS – suite

Tiré et adapté par l'auteur

Firmes	Projections	Firme et sources
Technavio	Croissance de 24 milliards dollar US de 2020 à 2025	Produit son premier rapport en 2003. Elle veut évaluer les technologies émergentes a son début. Elle a publié plus 17 000 rapports en couvrant plus 800 différentes technologies. Elle possède des bureaux dans plus de 50 pays. Truck-as-a-Service Market to Grow at a CAGR of 22.19% by 2025 Forecast and Analysis Technavio (prnewswire.com) https://www.technavio.com/content/about-us

La valeur du marché pour le modèle d'affaires EaaS avec un angle sur les ÉqVéh varie entre 24 milliards et 250 milliards.

Afin d'avoir plus de détails sur la qualité de ces évaluations, on aurait dû procéder à l'acquisition d'analyse complète de firmes spécialisées. Le coût d'acquisition étant trop onéreux, on a utilisé des sources primaires d'informations.

Selon la firme, les projections incluses, entre autres, les revenus tirés du courtage, de la télématique, le diagnostic en temps réel et de la planification des entretiens. Cependant il n'est pas précisé si la croissance des revenus seront attribuables directement à la mise en œuvre du modèle EaaS.

2.3 Les manufacturiers émergents

Tel qu'indiqué dans l'introduction de la présente section, un survol des manufacturiers est nécessaire pour présenter la situation actuelle des EqVéh et le lien avec le thème du mémoire, soit le EaaS. Dans un premier temps regardons ce qui se fait avec les nouveaux manufacturiers.

On ne trouve pas sur le marché nord-américain une offre du modèle EaaS tel que présenté à la section 1.4.1 Définition de l'EaaS qui indique que l'évolution du modèle d'affaires traditionnel vers le modèle EaaS pur est peu offert pour les clients.

Cependant, on note que cette offre sur le continent européen est plus développée et que certains manufacturiers commercialisent leurs ÉqVéh sous le vocable « Truck as a Service ». On doit noter que la venue de Volta Trucks, dont traitera le tout dans la section 2.3.2 Volta Trucks, en Amérique du Nord est en cours. On le présentera dans le cadre de l'« Advanced Clean Transportation (ACT) » en mai 2023.

Dans les sous sections-suivantes, on présente divers manufacturiers émergents pour des ÉqVéh utilisant des énergies alternatives et qui offrent le modèle EaaS ou un package qui s'y rapproche. Parmi ces manufacturiers émergents, on retrouve un manufacturier québécois soit l'entreprise Lion Électrique dont son offre de service s'oriente vers le modèle EaaS.

2.3.1 Lion Électrique

On se doit de présenter Lion électrique en premier puisque ses ÉqVéh, dont le premier autobus scolaire électrique développé en Amérique du nord est le fruit de la collaboration avec l'Institut du Véhicule Innovant (IVI) (IVI, 2013), partie prenante du système d'innovation au Québec.

Lion est maintenant présente aux États-Unis, avec une usine pouvant produire plus de 20 000 ÉqVévÉ par année et produit depuis décembre 2022 ses composantes requises pour la fabrication de batteries, le tout dans la région de Mirabel.

La commercialisation des ÉqVéhÉ de classe 6-7-8 est un défi auquel l'entreprise devra répondre face à la compétition tant des manufacturiers émergents que des manufacturiers traditionnels qui entrent dans la course actuellement.

On constate que les services offerts par l'entreprise donnent l'impression qu'elle converge vers le modèle EaaS. En consultant les documents présentés dans le cadre de la formation organisée par l'IVI pour les Flottes rechargeables Camions lourds, dont Lion fut un présentateur via son Directeur des ventes monsieur Patrice Desrochers, cette entreprise propose plusieurs services que l'on retrouve dans l'écosystème du modèle EaaS. Ces services sont présentés dans la Figure 24 - Écosystème Lion.

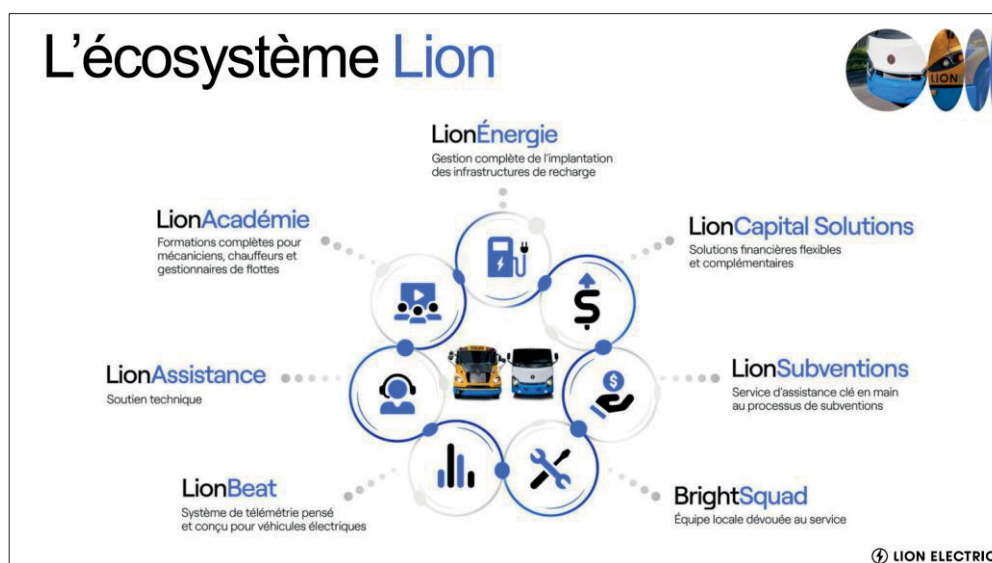


Figure 24 - Écosystème Lion

Tirée de la formation Flotte rechargeable ÉqVévÉL de IVI – Flotte rechargeable 2022

Effectivement, on peut souligner évidemment les ÉqVéhÉ, Lion Énergie pour les infrastructures de recharge, Lion Capital solutions pour le financement, Lion subventions pour s'assurer que leurs clients puissent obtenir le maximum d'aides financières des différents programme offerts par les gouvernements, Lion Assistance pour le soutien technique, Lion Beat pour le système de télémétrie et finalement Bright Squad pour le service d'entretien local.

L'histoire de Lion est fort intéressante car elle est le produit d'une collaboration avec l'IVI, partie prenante du système d'innovation du Québec faisant partie du Centres Collégiaux de Transfert de Technologie (CCTT, 2022) . Le projet a d'ailleurs remporté le prix de l'ordre des Ingénieur(e)s du Québec (OIQ, 2016). Cette collaboration a mené à la commercialisation du premier autobus scolaire électrique favorisant évidemment la transition énergétique au Québec.

Cependant le modèle d'affaires proposé par Lion ne peut pour l'instant être identifié comme un modèle EaaS pur, car il ne propose pas au moment de la rédaction du mémoire une facturation à l'heure, au kilométrage parcouru ou autre basé sur son utilisation comme le EaaS le prévoit.

2.3.2 Volta Trucks

Le manufacturier Volta Trucks est fort intéressant pour le modèle EaaS car c'est un manufacturier de camions pour le transport de marchandises sec ou réfrigérés. Parmi les manufacturiers, Volta, présente son modèle d'affaires sous l'angle du « Truck as a service TaaS ». L'entreprise a vu le jour en 2019 sous la gouverne de deux fondateurs scandinaves Carl-Magnus Norden et Kjell Waloen.

Actuellement, l'entreprise offre deux configurations possibles de camions soit un 16 tonnes pour l'équivalent d'une classe 7 en Amérique du Nord et un 18 tonnes pour l'équivalent d'une classe 8. Des camions de classe 5 ou 12 tonnes et classe 6 ou 7,5 tonnes seront disponibles sous peu. Les ÉqVéhÉ sont actuellement disponibles en Europe dont la Suède, le Royaume-Uni, la France, l'Italie, l'Allemagne et les Pays-Bas.

Le rayon d'Action prévu se situe entre 150 et 200 kilomètres, on peut alors affirmer que l'ÉqVéhÉ sera destiné au dernier kilomètre de livraison. La conception intérieure pour la conduite positionne le personnel utilisant ce véhicule au centre avec une vue de 220 degrés. Un vidéo sur le conception technique peut être consulter en visionnant un vidéo corporatif de l'entreprise peut être visionné avec le lien suivant <https://www.youtube.com/watch?v=9co-hG4GHc8> (Trucks, 2020).

Cette firme que l'on peut qualifier de jeune pousse n'a pas encore généré aucun revenu en 2019 et 2021 ayant affiché des pertes de 5,8 M\$ en 2021 et 1,4M\$ en 2020. Volta affirme avoir reçu pour plus de 2 500 précommandes (Volta, 2021). Cette situation est assez fréquente dans le cas d'une entreprise en démarrage, telle que présenté dans le cours GES865 Financement de l'innovation qui traite de la Courbe de l'argent « Payback » parue dans le livre de (Andrew et al., 2006). On présente cette courbe théorique à la Figure 25 - Courbe de l'argent.

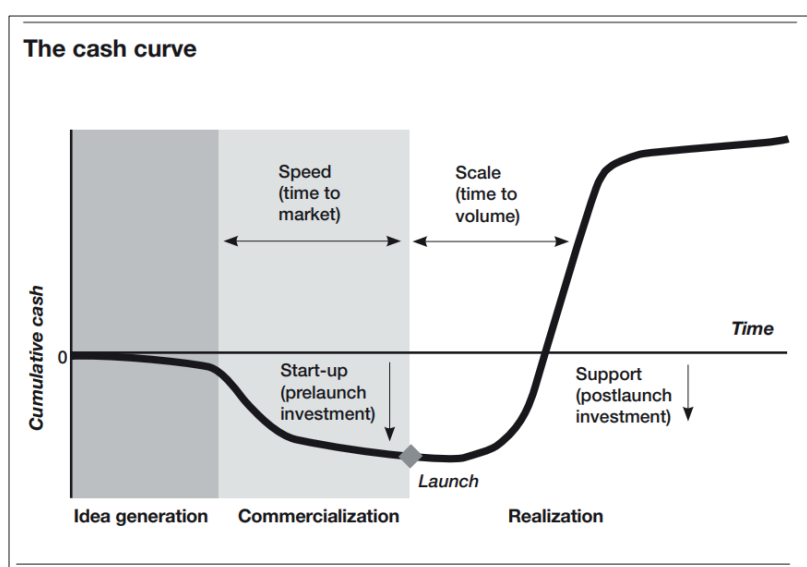


Figure 25 - Courbe de l'argent

Tirée de (Andrew & Al. 2006 p.2)

On constate dans le modèle d'affaires proposé par Volta, que sept services sont offerts par ce manufacturier. Ces services, sous l'acronyme TaaS sont présenté au Tableau 15 - Services offerts TaaS Volta :

Tableau 15 - Services offerts TaaS Volta

Tiré et adapté par l'auteur du site de Volta Trucks

[Volta Trucks – Electric Commercial Trucks for Sustainable Cities](#)

Services
Services d'électrifications
Charge et infrastructures
Maintenance et entretien
Financement et coût total de possession
Assurance
Formation
Télématique

Volta offre la facturation au kilométrage, ce qui constitue l'essence même du modèle EaaS car il se base sur l'utilisation de l'ÉqVéh. Ce qui est intéressant est que Volta construit des ports d'attaches qui incluent les options de logistiques. Cette approche constitue un service additionnel qui vise le transport urbain en attaquant le dernier kilomètre parcouru.

Volta Trucks a annoncé sa présence au ACT en mai 2023 (Sokol & Demissy, 2023). Son camion Zéro tout électrique de classe 6 (26 000 livres) et 7 (33 000 livres) d'ici la fin 2023. En 2026, Volta prévoit l'introduction des classe 5 (19 500 livres) et 6 (26 000 livres).

2.3.3 Hylico

Tout comme Volta Trucks, cette jeune pousse propose aux clients le modèle d'affaires TaaS mais pour des véhicules utilisant des piles à combustibles avec comme énergie l'hydrogène. Hylico offre deux catégories d'équipements véhiculaires à l'hydrogène (ÉqVéhH) soit un camion de type tracteur qui peut remorquer jusqu'à 44 tonnes et un camion porteur tant pour le transport sec que réfrigérée. Les deux sont de classe avec une autonomie jusqu'à 650 kilomètre (Hylico, 2023).

Cette entreprise qui œuvre en Europe, favorise l'utilisation de l'hydrogène produite via les résidus forestier selon une logistique permettant aux ÉqVéhH de faire le plein aux postes de ravitaillement situés stratégiquement et positionnés près des résidus forestiers. On peut voir la Figure 26 - Modèle de production hydrogène Hylico qui présente cette approche.

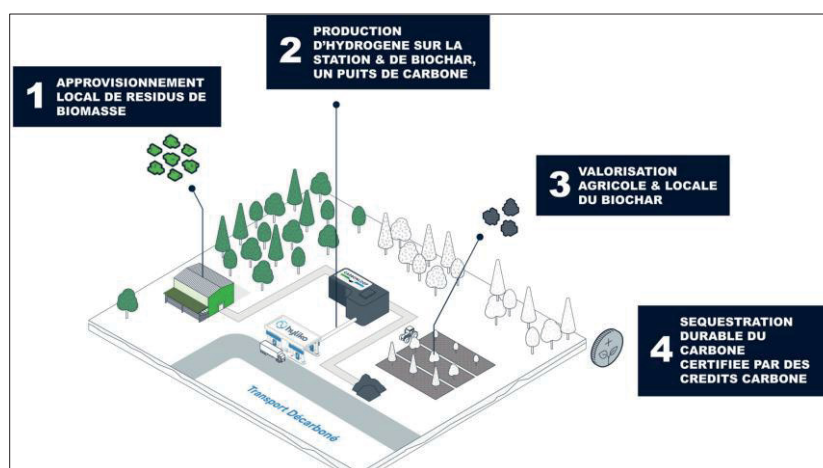


Figure 26 - Modèle de production hydrogène Hylico

Tirée du site internet de Hylico : <https://hyliko.com/loffre-hyliko/lhydrogene/>

2.3.4 Nikola Motors

Lors de la création de Nikola, en 2016, le concepteur du projet monsieur Trevor Milton a proposé un ÉqVéhH utilisant les batteries à combustibles combinés à l'hydrogène. La méthode de production de l'hydrogène est l'utilisation de l'électrolyse de l'eau qui est reconnue comme étant plus environnementale. Son ÉqVéhH, de classe 8, dont le nom était à l'origine Nikola One est maintenant connu sous TRE FCEV (« Fuel Cell Electric Vehicle »). Ce ÉqVéhH se décline en deux modèles, soit une version de base et une deuxième version à laquelle on a ajouté une couchette d'accommodement pour les longues distances.

L'organisation a depuis introduit un camion a batteries, le TRE BEV (« Battery Electric Vehicle »). Dans la section 1.4.2 Littératures sur le EaaS Littératures sur le EaaS qui traite du modèle d'affaires EaaS, Nikola Motors propose une prise en charge de l'ÉqVéhÉ ou ÉqVéhH, de l'infrastructure, du carburant, bref d'un modèle qui se compare au EaaS.

Certains déboires juridiques ont entaché l'entreprise à un point tel que monsieur Milton a dû être remplacé à la tête de l'entreprise. Il fut par la suite condamné pour fraude en 2021 (York, 2021). Malgré ces déboires, Nikola est toujours en affaires et tente de percer le marché européen comme l'indique les résultats financiers de l'entreprise (Nikola, 2022). Toujours selon dans le même document, Nikola annonce avoir produit 75 ÉqVéh et ainsi généré des revenus de près de 25 millions de dollars américains.

Les profits ne sont toujours pas au rendez-vous, mais l'entreprise est toujours en affaires malgré les déboires de son ancien président, monsieur Trevor Milton. On constate une perte de 562 millions de dollars américains après 9 mois d'opérations en 2022.

On mentionne dans l'article de (Woo & Grandy, 2021), une donnée fort pertinente pour le modèle EaaS, soit que 91% des transporteurs américains possèdent moins de 6 ÉqVéh. Cette situation pose alors un avantage possible pour le EaaS. Comme les transporteurs sont de petite taille, ils concentrent l'essentiel de leur de gestion au cœur de leurs affaires soit la livraison de la marchandise, laissant ainsi peu de temps pour la gestion de leurs parcs d'ÉqVéh.

Selon (Woo & Grandy, 2021) Nikola Motors offre une tarification groupée. Cette approche inclus tous les services rendus dont l'énergie (hydrogène ou électricité), la maintenance et le financement. Cette approche s'apparente au modèle d'affaires ÉaaS .

On doit ajouter que Nikola Motors s'est associé en Europe avec le manufacturier de ÉqVéh IVECO pour un projet conjoint afin de développer la filière du TRE BEV (batteries électriques) mais aussi pour TRE FCEV (piles à combustibles utilisant l'hydrogène) sur le continent européen (IVECO, 2022).

Nikola Motors a annoncé récemment une collaboration avec l'«Alberta Motor Transport Association pour un projet de démonstration pour ÉqVéhH de classe 8 (Media, 2023).

2.3.5 Tesla

On connaît tous monsieur Elon Musk pour ses voitures électriques, mais son entreprise planche sur un ÉqVéhÉ de classe 8, le Semi. L'autonomie promise est de 800 kilomètres complètement chargé (Tesla, 2022). Une particularité est que le poste de pilotage est au centre, comme le camion de Volta.

Le premier Semi a été livré à l'entreprise Pepsico (Tesla, 2022). On verra les résultats de cet équipement ÉqVéhÉ dans les prochains mois. On ne doit pas oublier que Tesla est un manufacturier pionnier dans l'avènement des ÉqVéhÉ dans le monde.

2.4 Manufacturiers traditionnels

On présente dans cette section les principaux manufacturiers dont des ÉqVéhL de classe 8 sont déjà en service dans certaines organisations

2.4.1 Volvo VNR

Volvo est un manufacturier mondialement reconnu depuis plusieurs décennies. On retrouve actuellement sur le marché le VNR qui se déploie en quatre modèles. Ces modèles sont le VNR 300, le VNR 400, le VNR 640 et le VNR 660 développés pour différentes applications de la livraison urbaine jusqu'aux déplacements plus longue distance. On ne doit oublier que Volvo produit aussi des autobus électriques au Québec via sa filiale Novabus.

Le manufacturier Volvo ne présente pas officiellement son VNR dans le cadre du modèle d'affaires EaaS ou TaaS. On peut toutefois constater que son écosystème électrique à la Figure 27 - Services Volvo VNR.

Figure 27 - Services Volvo VNR représente assez bien le modèle étudié.



Figure 27 - Services Volvo VNR

Tirée de la formation Flotte rechargeable lourds de IVI – Flotte rechargeable 2022

En plus de son écosystème électrique, Volvo offre des ententes de services qu'un client peut choisir parmi divers services possibles. Les options se déclinent selon quatre niveaux de services. Le « Uptime Care », le « Blue », le « Silver » et le « Gold ». C'est de dernier niveau qui est particulièrement intéressant pour le modèle EaaS avec un angle ÉqVéh. Les options du volet « Gold » sont présentées Tableau 16 - Services offerts Contrat Gold Volvo.

Tableau 16 - Services offerts Contrat Gold Volvo

Tirée du site <https://www.volvotrucks.id/en-id/services/vehicle-service/service-contracts/volvo-blue.html>

Contrat de services – Volvo – Volet OR
Disponibilité maximale – toutes les réparations et la maintenance préventive
Disponibilité maximale
Planification connectée

Tableau 16 - Services offerts Contrat Gold Volvo - suite

Tirée du site <https://www.volvotrucks.id/en-id/services/vehicle-service/service-contracts/volvo-blue.html>

Contrat de services – Volvo – Volet OR
Disponibilité maximale – toutes les réparations et la maintenance préventive
Entretien & vérifications
Réparation groupe motopropulseur
Réparations non liées au groupe motopropulseur
Composantes d'usure
Surveillance en temps réel

Ce niveau de service a été offert pour la première fois en Amérique du Nord en 2020. Ce contrat a la particularité d'offrir un taux selon le kilométrage parcouru en incluant les coûts de maintenance, de la télémétrie en temps réel, d'un service sur la route de quatre heures et de plusieurs autres composantes.

Le délai d'interventions de maximum 4 heures est particulièrement contraignant pour Volvo, car on remarque que le client sera financièrement compensé advenant que Volvo ne respecte pas son engagement. On peut consulter le Tableau A IX - Contrat Or Volvo pour avoir tous les éléments couverts par ce contrat.

Volvo est aussi le premier manufacturier à joindre le « SteelZero initiative », qui vise à réduire l'utilisation d'énergie fossile dans la production d'acier pour la fabrication des ÉqVéhÉ de ses Volvo (Volvo, 2022).

2.4.2 Peterbuilt

Ce manufacturier offre trois ÉqVéhÉ dont le 520EV pour la collecte résiduelle des déchets. On en trouve aussi un conçu pour le transport urbain, le 220EV et un dernier pour le transport régional le 579EV (EV, 2023). Peterbuilt a déjà des ÉqVéhÉ sur la route dont un certain nombre au Canada avec des ventes confirmées de près de 30 ÉqVéhÉ Certains sont déjà sur les routes du Québec. Peterbuilt offre via sa division PacLease divers services. Ces services sont le financement, l'entretien, le service routier et la gestion des ÉqVéh pour le client (PacLease, 2023).

Selon Peterbuilt, (ventes-Énergies, 2022) les conditions actuelles essentielles pour rentabiliser l'utilisation de ÉqVéhÉ sont les suivantes : on doit parcourir une distance d'approximativement 250 kilomètres avec des arrêts et départs fréquents; avoir une marchandise permettant de réduire la charge utile; et que finalement le véhicule doit retourner à la base régulièrement.

En lien avec le modèle EaaS, Peterbuilt participe à un projet pilote en Californie pour un distributeur de matériaux de plomberie et ventilation impliquant des ÉqVéhÉ de classe 6 et 8, soit possiblement des 220EV et 570EV. Ce projet inclut aussi le manufacturier Freightliner pour un total de 30 ÉqVéhÉ. Ce projet est défini comme étant « Electrification as a Service » avec la collaboration de (Holman, 2022), une firme impliquée dans la gestion d'ÉqVéh pour des clients. Actuellement, cette entreprise (Holman, 2023) gère pour plus de 1,5 millions d'ÉqVéh dans le monde.

2.4.3 Freightliner

Pour Freightliner qui appartient à Daimler, ce manufacturier produit le eCascadia qui un ÉqVéhÉ de classe 8 qui peut effectuer 370 kilomètres dans un trajet spécifique. Le véhicule a parcouru plus de 2,4 kilomètres en situation réelle d'opération aux États-Unis (Blanco, 2022).

De plus, Daimler a lancé en 2020 le modèle d'affaires intitulé « Pay-as-you-Drive » via son programme « Dynamic Lease » pour le ÉqVéhÉ eCasacdia. Selon monsieur Franz Reiner CEO de Daimler Mobility (Lenz, 2019), via un communiqué de presse a stipulé que le client paiera uniquement sur la base du kilométrage réellement parcouru.

Cette déclaration indique un intérêt pour le modèle d'affaires EaaS. Actuellement, un client doit évaluer la distance parcourue pour ses ÉqVéh pour la durée de contractuelle. Cet estimée est souvent le fruit d'une évaluation historique de la distance parcourue. Advenant une erreur d'estimation ou d'un changement du mode opérationnel qui modifierait le kilométrage parcouru à la hausse, une pénalité serait alors imputée au client. Dans le modèle proposé par Daimler, le client ne paiera que sur la base de son utilisation. Cependant les clients devront accepter que les données de télémétrie ÉqVéh soient transmises au service financier de finances de Daimler. Ces données permettront de mesurer efficacement la performance de conduite du ÉqVéh.

La terminologie utilisée par Daimler et la définition qui y est associée correspond essentiellement au modèle EaaS. Cependant peu d'informations sont publiques et disponibles pour mieux comprendre le fonctionnement du modèle. Malgré des efforts de recherche auprès de Daimler, aucune information n'a été transmise sur les résultats du projet de 2019.

On retrouve d'autres manufacturiers proposant des ÉqVéh lourds électriques dont Man Trucks, Scania et IVECO dont l'offre de services se compare aux autres manufacturiers cités dans les sections précédentes. On se limitera aux manufacturiers précédemment mentionnés. L'Objectif étant de démontrer l'effervescence tant les ÉqVéhÉ que pour le modèle EaaS ou des modèles apparentés.

2.5 Les clients

Dans la foulée de la transition énergétique combiné avec l'arrivée de manufacturiers proposant le modèle d'affaires EaaS, quelques clients ont décidés de changer leur modèle d'acquisition

pour leurs d'ÉqVéh. Pour ces clients, certains opteront de participer à un projet pilote alors que d'autres feront l'acquisition selon le modèle proposée par le manufacturier.

Considérant que le EaaS ou le TaaS est surtout disponible actuellement en Europe, des clients, dont certains ont commandé plusieurs centaines de précommande de camions, se sont engagés dans le virage vers des ÉqVéhÉ n'émettant pas de GES lors de l'utilisation.

L'Amérique du Nord n'est pas en reste mais elle favorisera plutôt des projets pilotes en collaboration avec les manufacturiers qui ne propose pas officiellement le modèle EaaS ou le TaaS.

Dans les deux cas, les informations proviendront de communiqué de presse des manufacturiers ou de sources journalistiques indépendantes. L'évolution rapide de la filière des ÉqVéhÉ ou EqVéhH ne permet de pas d'obtenir des sources scientifiques de littérature qui combine les équipements véhiculaires avec le modèle EaaS.

On ne doit pas interpréter cette section comme si elle était un recensement exhaustif des clients appliquant le modèle EaaS dans leurs organisations, mais plutôt comme un témoignage de l'intérêt que démontrent ces entreprises pour le modèle.

Un inventaire des projets en cours au moment de la rédaction du mémoire permet de juger de l'avancée du modèle EaaS pour les ÉaqVéh, particulièrement pour soutenir la transition énergétique en cours dans le monde. Cette transition aidera autant les manufacturiers que les clients de juger du modèle dont le mémoire traite.

On présente au Tableau 17 - Clients et l'EaaS un résumé de clients et/ou projet qui aborde le modèle d'affaires EaaS pour les ÉqVéh.

Tableau 17 - Clients et l'EaaS

Tiré de l'auteur

Client	Description
Go Bolt	<p>-Au Canada, une entreprise canadienne « Go Bolt » s'attaque avant tout à la livraison du dernier kilomètre parcouru « last mile delivery », et ce, en plus d'offrir une gestion de la logistique du transport de marchandises, tout cela en offrant des solutions de livraison les plus écologiques possibles.</p> <p>-Pour ce faire, elle s'est associée, entre autres, avec 7GEN, une jeune pousse dont nous traiterons du modèle d'affaires en détails à la section 2.6.1 7GEN puisqu'on présentera des résultats basés sur leur approche conjointe appelée « Electric vehicle as a Service (EVaaS) ». A cet effet, on peut consulter un article du Financial Post via son journaliste monsieur Peter Kenter (Kenter, 2022).</p> <p>-Go Bolt, avec ce partenariat, veut acquérir 10 ÉqVéh grâce à une location de 7 ans avec 7GEN comme l'a mentionnée madame Shayna Rector Bleeker, vice-présidente et co-fondatrice de 7GEN (Bleeker, 2022a).</p>

Tableau 17 - Clients et l'EaaS – suite

Tiré de l'auteur

Client	Description
Ferguson, Holman et Electrada	<p>-Les trois partenaires ont annoncé l'acquisition d'ÉqVéhÉ des manufacturiers Freightliner et Peterbuilt (Holman, 2022).</p> <p>-Cette annonce permettra, dans le cadre d'un projet pilote de valider le modèle d'affaires EaaS pour des membres de la communauté des ÉqVéh. Le projet consiste à mettre en service 30 ÉqVéhÉ de classe 6 à 8 pour le client Ferguson qui une entreprise de distribution de produits de plomberie et de système de ventilation en Californie. Cette approche veut permettre aussi à Ferguson d'atteindre son engagement de développement durable au niveau de ses activités (Morris, 2022).</p> <p>-On constate que les trois partenaires travailleront conjointement dans un objectif d'appliquer le modèle « Electrification as a Service ». Il s'agit d'une approche stratégique pour Holman et Electrada qui permettra aux organisations de développer le modèle et ainsi possiblement de faciliter l'accès aux équipements lourds électriques.</p>

Tableau 17 - Clients et l'EaaS – suite

Tiré de l'auteur

Client	Description
Groupe Berto	<p>-Cette entreprise offre entre-autres des options de location d'ÉqVéh avec ou sans personnel de conduite. Son chiffre d'affaires avoisine 350 millions d'euros et dessert 5 000 parcs d'ÉqVéh principalement en France avec plus 10 000 équipements (Berto, 2023).</p> <p>Le tout a été développé dans le cadre de son modèle d'affaires, dans le cadre de son volet de développement durable le « Flexy Green ». Ce volet vise évidemment à réduire l'empreinte globale de l'entreprise dont pour ses ÉqVéh. Des annonces en ce sens sont en lien avec cette vision. Effectivement, Le Groupe Berto s'est engagé à acquérir une quantité non spécifiée ÉqVéhÉ de Volta Trucks et 230 ÉqVéhLH de Hylico. En plus de ces annonces, elle s'intéresse aux carburants alternatifs comme le Gaz Naturel et au biodiésel B100 (Hylico, 2023).</p>

Tableau 17 - Clients et l'EaaS – suite

Tiré de l'auteur

Client	Description
Heppner	<p>-Ce groupe est essentiellement orienté vers la logistique avec un chiffre d'affaires de près de 950 millions d'euros a annoncé que l'entreprise s'engage à acquérir 16 ÉqVéhÉ du groupe Volta Trucks (Heppner, 2022) dans le cadre de son programme de décarbonation. Dans son programme, Heppner vise autant le gaz naturel, le biodiesel que du carburant bio XLT qui s'apparente à du diesel (Heppner, 2023).</p> <p>-Ces ÉqVéhÉ seront utilisés fondamentalement dans un mode du type le dernier kilomètre parcouru. On les retrouvera en France déployés dans trois sites sous la forme du modèle TaaS de Volta Trucks et facturés à l'utilisation au kilomètre parcouru.</p>

Tableau 17 - Clients et l'EaaS – suite

Tiré de l'auteur

Client	Description
Groupe Pride	-Ce groupe canadien diversifié dans le domaine du transport (Pride, 2023) a annoncé que l'entreprise a l'intention d'acquérir 200 ÉqVéhÉ, eCascadia de Freightliner (Nadeem, 2022). On doit souligner que Daimler a introduit un projet pilote sur le EaaS en 2019 (Lenz, 2019). Selon (Yakub, 2022) cette nouvelle annonce permet à Freightliner d'avoir un carnet de commande de près 7 000 eCascadia.

2.6 Les jeunes pousses

Afin de poursuivre sur la littérature complémentaire, le cas des jeunes pousses est intéressant à traiter. Cette section est essentielle à la rédaction du mémoire puisqu'elle a permis de faire un lien entre le modèle EaaS et des outils financiers développés par une jeune pousse, 7GEN.

Cette jeune pousse 7GEN (dont on présentera en détails son concept d'affaires à la section 2.6.1) fait partie de quelques entreprises se positionnant pour le modèle EaaS. Une autre jeune pousse est WattEV.

WattEV se distingue en offrant un service logistique permettant la gestion des entrées et sorties des ÉqVéhÉ. On retrouve WattEV en Californie.

Ces deux jeunes pousses présentent leurs modèles d'affaires sous l'appellation EaaS ou EVaaS. Cette dernière appellation signifie « Electric Vehicule as a Service ».

On peut constater qu'il y a un certain engouement pour le modèle EaaS même si on ne retrouve pas de littérature scientifique sur le sujet. Pour tenter de démontrer un modèle apparenté au EaaS, on utilisera le modèle économique de 7GEN. Pour permettre de mieux connaître 7GEN, on présentera à la section 2.6.1 7GEN une description de l'entreprise.

2.6.1 7GEN

2.6.1.1 Histoire

Pour en apprendre plus sur l'entreprise 7GEN, une entrevue avec son fondateur fut réalisée (Tjallingii, 2022). Les prochains paragraphes décrivent les échanges obtenus en 2022.

L'entreprise 7GEN est avant tout l'histoire de monsieur Frans Tjallingii, fondateur et actuel Président-Directeur-Général de 7GEN Capital ainsi que de madame Shayna Rector-Bleeker et de monsieur Mark Bayley. Cependant monsieur Tjallingii :

« Considère que c'est avant tout un travail d'équipe. »

Monsieur Frans Tjallingii, a étudié en biologie maritime et a par la suite complété un MBA, ce qui lui permis de travailler pour une grande entreprise hollandaise dans plusieurs pays dans le monde. Lors de son passage pour cette entreprise au Gabon, il est venu au Canada pour gérer la filiale canadienne de ce groupe. C'est à ce moment qu'il décide de se réorienter vers la création de nouvelles entreprises, car :

« il préfère l'énergie que dégage ce genre d'organisation »

dont la première fondée s'est spécialisée dans le domaine du Blockchain et du développement de logiciels (vendue en 2018). Par la suite, une deuxième entreprise mise sur pied s'est consacrée au recyclage des pneus des équipements miniers; M. Tjallingii est toujours sur le conseil d'administration de cette entreprise.

Par la suite, M. Tjallingii a rencontré un dirigeant d'une entreprise possédant 80 autobus qui cherchait à électrifier son parc. Ce gestionnaire de flotte ne disposait pas des connaissances pour ce faire, mais il était toutefois bien déterminé à mettre en place un processus optimal pour procéder à l'électrification de sa flotte. Conséquemment en 2017, il proposa alors de créer 7GEN avec quelques collaborateurs, car il évaluait que cette situation ne serait pas unique dans le contexte de la transition énergétique.

Cette opportunité a attiré des investisseurs dont le Fonds de solidarité FTQ et Siemens qui ont investi 8 millions en 2022 (Alcaraz, 2022). Ces investissements font en sorte que 7GEN compte maintenant près de 20 employés avec des clients tel que Ikéa, Courant Plus, DHL, etc.

Un autre client avec lequel 7GEN a conclu une première entente en 2022 est Go Bolt (Kenter, 2022). Cette entreprise qui œuvre dans le transport de marchandises consistait à l'acquisition de 10 ÉqVéh, 4 chargeurs fixes et de deux chargeurs mobiles. Depuis plusieurs autres ententes furent conclues. Le projet initial fut possible grâce au financement de la Vancity Community Investment Bank (VCIB). Monsieur Frans Tjallingii indique que le financement pour la transition énergétique se joue avec des capitaux provenant de sources non conventionnelles. Dans ce type de développement des affaires, il faut aller au-delà de l'aspect purement financier, car ce qu'il faut surtout, c'est de trouver un partenaire qui sera prêt à partager vos aspirations et votre vision dans le projet commun.

Actuellement, 7GEN possède au Canada des bureaux à Vancouver, Montréal et Toronto. Les deux marchés clés sont la Colombie-Britannique et le Québec. Selon monsieur Frans Tjallingii, les aides financières actuellement octroyées dans les deux provinces favorisent grandement ces marchés. Ces deux provinces produisent de l'énergie propre avec des aides financières supérieures. Par ailleurs, afin d'être en mesure d'élaborer des stratégies propres au marché américain, 7GEN a déployé des infrastructures de recharge en Californie, Floride, New-Jersey et au Texas.

Les marchés visés par 7GEN sont prioritairement présentés dans le tableau suivant :

Tableau 18 - Marchés visés
Tiré de l'entrevue avec Monsieur Frans Tjallingii

Marchés visés
Le dernier kilomètre de livraison de marchandises, connu sous « Last mile Delivery »
Cueillette des ordures dans les zones urbaines
Transport régional
Autobus scolaire
Transport type navette
Locotracteurs connus sous « shunter »
Les municipalités

Ces types de ÉqVéhÉ ont certaines caractéristiques communes dont une capacité de charge limitée ou avec une cargaison se mesurant en volume et non en poids. À titre de référence, on peut mentionner le transport de mouchoirs, de papier hygiénique, etc. Ils ont des trajets courts, et ils reviennent à leurs ports d'attache journalièrement pour permettre la recharge.

L'entreprise ne se concentre pas sur quelques manufacturiers mais travaille avec près de quinze manufacturiers. Afin de couvrir son offre de services, un lien d'affaire a été développé avec les concessionnaires desdits manufacturiers pour assurer l'entretien et les réparations des ÉqVéhÉ d'une flotte. 7GEN est aussi un point d'entrée au marché canadien pour quatre manufacturiers. Une annonce récente indique que 7GEN agira comme concessionnaire pour les ÉqVéhÉ Lightning eMotors, un manufacturier de ÉqVéhÉ de classe 3 à 7, que reconnaît Transport Canada. Ce ÉqVéhÉ serait bientôt distribué au Canada tel que co-fondatrice l'a annoncé madame Shayna Rector Bleeker (Bleeker, 2022b) .

Selon monsieur Tjallingii, la concurrence au Canada provient en partie de certains manufacturiers qui d'abord proposent la location, mais qui la plupart du temps n'offrent pas

une suite entière et intégrée de services; de plus en ce qui a trait au comblement des besoins actuels et futurs du client, ces manufacturiers ne sont pas en mesure d'élaborer une comparaison avec les autres marques de ÉqVéhhÉ afin de trouver la situation optimale. On retrouve aussi les entreprises généralistes dans la location quoiqu'elles n'offrent pas tous les services dont l'évaluation des infrastructures requises pour assurer la performance des ÉqVéhÉ dans une organisation.

Selon 7GEN, la transition énergétique est avant tout un processus et la plupart de ses clients prennent le temps de suivre le chemin menant à l'électrification des transports. Même si 7Gen a des clients qui vont à une vitesse supérieure pour électrifier leur flotte très rapidement, la plupart commence avec un projet pilote de 5 à 10 ÉqVéhÉ et des bornes de recharge.

2.6.1.2 Les services offerts

Cette section traite des services offerts par 7GEN afin d'accompagner un client dans sa démarche vers l'électrification des transports. On remarque que 7GEN utilise le terme location dans son vocabulaire mais on constate que ses services sont plus vaste qu'une simple location. Le Tableau 19 - Services offerts suit :

Tableau 19 - Services offerts

Tirée et adaptée d'une Présentation offre clientèle de 7GEN

Diapositives disponibles Tableau A X - Diapositives clients 7GEN en annexe

Services offerts 7GEN
Location à bail ouvert, location pour posséder tant pour les camions que pour les bornes
Solution logiciel
Accompagnement et développement complet

2.6.1.3 Le processus

On présente à cette section le support qu’obtient un client lorsque 7GEN prend en charge un dossier client. Le Tableau 20 - Étapes clés transition présente le tout. On doit prévoir un délai de quelques mois avant la livraison finale du projet. La clé étant de bien comprendre le mode opérationnel du client afin de proposer une solution tant pour les infrastructures que pour les ÉqVéhÉ. Les délais pour chaque étape sont aussi présentés. Le processus complet pour effectuer une évaluation complète se fait sur quelques mois, soit approximativement 6 mois. Selon la solution choisie, le délai pourrait être plus long particulièrement à l’heure actuelle avec les enjeux de la chaîne approvisionnement.

Tableau 20 - Étapes clés transition

Tirée et adaptée d’une Présentation offre clientèle de 7GEN

Diapositives disponibles Tableau A X - Diapositives clients 7GEN en annexe

Étapes clés de la transition		
Nom de l’étape	Description de l’étape	Durée projetée
Analyse des besoins	Étude des opérations existantes et déterminer les meilleures options d’électrifications	2-3 semaines
Offre préliminaire	Détails et coûts du véhicule, des bornes et des délais. À cette étape un dépôt du client est requis	Variable dépend du délai décisionnel du client
Conception détaillée	Concevoir les mises à niveau de l’infrastructure électrique	1-2 semaines

Tableau 20 - Étapes clés transition - suite

Tirée et adaptée d'une Présentation offre clientèle de 7GEN

Diapositives disponibles Tableau A X - Diapositives clients 7GEN en annexe

Étapes clés de la transition		
Nom de l'étape	Description de l'étape	Durée projetée
Contrat	Offre finale pour procéder à l'exécution	Variable dépend du délai décisionnel du client
Mise en route	Approvisionnement, construction, installation, mise en service et formation	2-4 mois

2.6.1.4 La méthodologie

Cette section traite de la méthodologie que 7GEN propose à ses clients pour intégrer des ÉqVéhÉ dans le parc de l'entreprise. On remarque que 7GEN assume la gestion complète de la transition. Le Tableau 21 – Méthodologie présente le tout :

Tableau 21 – Méthodologie

Tirée et adaptée d'une Présentation offre clientèle de 7GEN

Diapositives disponibles Tableau A X - Diapositives clients 7GEN en annexe

Méthodologie 7GEN
Conception basée sur les besoins et contraintes opérationnelles du client
Sélection de la meilleure technologie et délais de livraison
Solution d'électrification adaptée et pérenne
Validation auprès d'experts de l'industrie
Gestion projet clé en main

2.6.1.5 Le logiciel intégré

Le Tableau 22 – Plateforme présente les outils de la plateforme logiciel développé par 7GEN pour assurer les gestionnaires de parc d'ÉqVéhÉ à prendre les meilleures décisions. La plateforme permet aussi d'avoir accès aux diverses données requises pour la gestion de parc d'ÉqVéh.

Tableau 22 – Plateforme

Tirée et adaptée d'une Présentation offre clientèle de 7GEN

Diapositives disponibles Tableau A X - Diapositives clients 7GEN en annexe

Logiciel Intégré
Analyse des coûts totaux dont le (CPT)
Conception de site préliminaire
Télématique et Intégrations API
Gestion des VÉ et bornes de recharge
Service d'assistance sur appel

2.6.1.6 ElectricVehicle as a Service (EVaaS)

Cette section couvre les raisons pour procéder à la transition selon 7GEN. Le client devrait considérer les éléments présentés dans le Tableau 23 - Pourquoi changer pour prendre sa décision.

Tableau 23 - Pourquoi changer

Tirée et adaptée d'une Présentation offre clientèle de 7GEN

Diapositives disponibles Tableau A X - Diapositives clients 7GEN en annexe

Pourquoi changer
Véhicule à zéro émission

Tableau 23 - Pourquoi changer - suite

Tirée et adaptée d'une Présentation offre clientèle de 7GEN

Diapositives disponibles Tableau A X - Diapositives clients 7GEN en annexe

Pourquoi changer
Pas de frais de carburant
Moins de bruit
Moins de vibration
Moins de maintenance et réparation
Coupe instantané
Subventions disponibles
Meilleure expérience de conduite

Dans le mémoire, on cherche à présenter le modèle EaaS avec un angle sur les ÉqVéh. Dans la présentation que 7GEN fait à des clients potentiels, la notion du « Electric Vehicle as a Service (EVaaS) » est mentionnée. On peut le constater sur la Figure 28 – EVaaS.

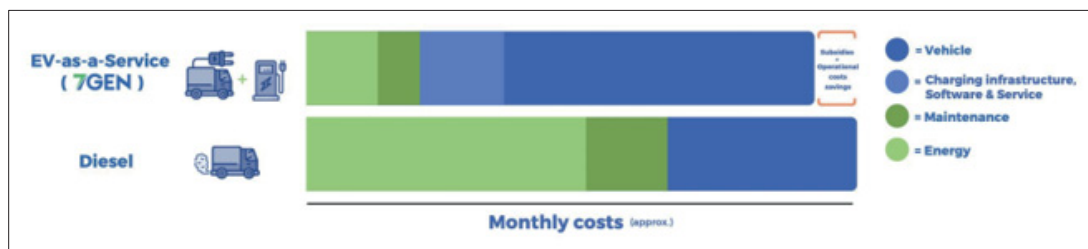


Figure 28 – EVaaS

Tirée d'une Présentation offre clientèle de 7GEN

Diapositives disponibles Tableau A X - Diapositives clients 7GEN en annexe

2.6.2 WattEV

La jeune pousse WattEV (WattEV, 2023) est comparable à 7GEN qui déploie son offre sur le marché canadien. Pour WattEV, ses activités sont principalement situées dans l'état de la Californie. On dénote que dans les annonces d'ententes contractuelles que le modèle d'affaires proposé est clairement associé au modèle TaaS. Le manufacturier Volvo semble être le choix de WattEV.

Selon les informations disponibles lors de la rédaction du mémoire, des commandes totalisant 70 ÉqVéh Volvo VNR sont déjà conclues avec deux clients. On voudrait atteindre la vente de 12 000 ÉqVéhÉ d'ici 2030.

Les services offerts par l'entreprise couvrent les aspects suivants : l'accompagnement dans la planification de l'infrastructure, l'acquisition des ÉqVéh sous le modèle TaaS et la mise en place d'une application logistique pour le personnel utilisant les ÉqVéhÉ; cette application a pour objet d'identifier les moments de recharge et les routes favorisant une expérience de conduite optimale.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

L'objectif fondamentale du mémoire est de démontrer que le modèle EaaS peut être judicieux pour les ÉqVéhÉ. Dans le CHAPITRE 1, on a indiqué que la littérature scientifique disponible démontrait que le modèle EaaS peut être économiquement bénéfique selon certaines conditions, pour des entreprises commercialisant des équipements manufacturiers.

Cependant, cette même littérature ne permet pas de tirer des conclusions identiques pour des équipements véhiculaires. Un chemin différent devait alors être trouver pour le démontrer. Le présent chapitre servira à décrire la démarche retenue pour valider le tout.

Dans ce contexte, une revue de littérature complémentaire produite par des praticiens fut donc réalisée. Cette revue avait pour but de tenter de trouver des pistes intéressantes pour évaluer le modèle avec des ÉqVéh. La piste privilégiée, a été de produire une analyse basé sur des données réelles d'utilisation d'un ÉqVéh en utilisant le modèle EaaS. On se devait de trouver des partenaires intéressés à participer au présent mémoire particulièrement un client et un manufacturier.

Considérant les défis que posent le manque de littératures scientifiques sur les équipements véhiculaires, une approche de type groupe de discussion « focus group » fut utilisée pour cerner les défis, les enjeux, les barrières et les critères de succès. Cette approche reconnue permettrait de présenter le modèle EaaS et de recueillir les divers commentaires des participants. Cette étape représentait un prérequis pour établir la suite de la méthodologie en permettant de viser les intérêts communs de la communauté des équipements véhiculaires.

3.1 Les prérequis à la méthodologie

3.1.1 Rencontre - Communauté des équipements véhiculaires

Afin de susciter de l'intérêt dans la communauté des ÉqVéh, une rencontre de sensibilisation fut organisée en collaboration avec le Centre d'expertise industrielle de Montréal (CEI, 2022). Les objectifs étaient d'échanger sur le modèle EaaS pour les ÉqVéh et tenter de convaincre des partenaires à collaborer au mémoire.

La vingtaine des participants à cette rencontre représentaient des clients, des manufacturiers, des distributeurs de pièces, des fournisseurs de services de gestion de parc de véhicules, des commissaires industriels, des universités et entreprises innovantes. Le déroulement de la rencontre fut d'expliquer le modèle, de présenter certains témoignages, d'organiser des ateliers en petit groupe, de faire un retour sur les ateliers et de tirer certaines conclusions. Les rencontres de groupe avaient l'objectifs d'identifier les barrières à l'entrée, les critères de succès, les enjeux ainsi que les défis du modèle EaaS.

Grâce à cette rencontre, on a déterminé que deux barrières à l'entrée, cinq critères de succès, quatre enjeux et dix défis pour le modèle. Le Tableau A XI – Barrières, critères de succès, enjeux et défis en annexe présente le tout. Parmi les critères de succès, est de viser dans un premier temps des ÉqVéhÉ avec peu ou pas d'équipements embarqués pour faciliter son succès commercial.

Dans un deuxième temps, une rencontre avec la NAFA, chapitre du Québec (NAFA, 2022) est une organisation nord-américaine qui réunit la communauté des ÉqVéh. Ses objectifs sont fondamentalement l'éducation, d'établir les meilleures pratiques d'affaires et le réseautage. Dans le cadre des activités du chapitre du Québec, une rencontre été tenu le 22 novembre 2022. Le thème de la rencontre était l'EaaS pour les ÉqVéh.

À cette rencontre, près d'une cinquantaine de personnes y ont assisté. Trois présentations ont été faites. La première décrivait ce qu'est le modèle EaaS et donnait une perspective du concept pour la communauté des ÉqVéh. Par la suite, l'entreprise 7GEN a expliqué son modèle d'affaires EVaaS. Finalement, Cléo (anciennement InnovHQ) est venue présenter son approche de projet clé en main pour les infrastructures énergétiques requises pour la recharge des ÉqVéh.

Les objectifs de ces activités étaient de présenter le modèle afin de le faire connaître et de tenter de trouver des collaborateurs au présent mémoire.

3.1.2 7GEN

Dans la littérature complémentaire, une entreprise, 7GEN a été identifiée pour son approche EVaaS. Des échanges préliminaires avec les dirigeants ont permis de s'entendre sur une collaboration future. Comme indiqué dans la section 2.6.1 une entrevue avec le président fut organisée pour mieux connaître 7GEN.

La collaboration, dont une entente de non-divulgaration fut signée, permettait de bénéficier de l'expertise de cette entreprise mais aussi d'utiliser leur modèle d'analyse financière qui détermine le CPT. Dans les coûts inclus, on retrouve le coût du véhicule, des infrastructures, du soutien technique lors de l'implantation ainsi que de l'utilisation de leurs logiciel de gestion. Le CHAPITRE 4 présentera le tout.

Dans les faits, 7GEN vient se substituer au manufacturier puisqu'aucun sollicités ne commercialise ses ÉqVéh sous le modèle EaaS. L'intérêt pour 7GEN, est qu'elle offre une variété de véhicules et toutes les options pour les infrastructures en proposant des offres intégrées.

La collaboration avec 7GEN, malgré certaines tentatives, n'a pas permis de trouver un client voulant collaborer. On se devait alors de poursuivre la recherche de partenaire.

3.1.3 Le partenaire client

La recherche du partenaire client, fut un défi. Plusieurs discussions et échanges n'avaient pas permis de le trouver. On avait cependant fait de nombreuses approches. Le tout a finalement permis d'identifier ce partenaire. On peut connaître un peu de son histoire au CHAPITRE 4 qui présente les résultats.

Ce partenaire a accepté de participer mais anonymement. On ne dévoilera pas son identité. En contrepartie, le client fournira toute l'information permettant de déterminer son CTP. Une entente de confidentialité a donc été signée.

Un autre client participe au mémoire mais pour des raisons quelques peu différentes. Énergir a acceptée de participer au mémoire pour valider la pertinence d'utiliser une grille de remplacement permettant de simplifier la méthode de remplacement. On présentera le tout au CHAPITRE 5.

3.2 Méthodologie

Cette section présente la méthodologie que l'on devrait appliquée pour permettre l'évaluation du modèle d'affaires EaaS pour des équipements véhiculaires. Les étapes sont les suivantes :

1-Développer ou utiliser un modèle d'analyse financière permettant de calculer un CTP : le modèle financier peut être développé à l'interne selon les besoins spécifiques, mais la base devrait être la capacité de réaliser le calcul des paiements pour les ÉqVéhÉ ainsi que les infrastructures. Le modèle doit avoir la capacité d'intégrer tous les paramètres requis pour effectuer ce type de calcul, soit le coût total de possession. Les paramètres pour l'analyse du cas réel du présent mémoire se trouvent au CHAPITRE 4.

2-Valider le modèle afin de s'assurer son intégrité : pour s'assurer de l'intégrité du modèle, des vérifications sur les formules utilisées sont de mise pour permettre de confirmer que les résultats sont conformes aux différentes normes financières.

3-Déterminer les données financières et opérationnelles d'un client : dans cette étape, on doit préciser les paramètres financiers du client tel que la durée des contrats, le mode opérationnel et les infrastructures requises.

4-Évaluer les scénarios possibles : pour assurer une couverture possible de toutes les éventualités, divers scénarios doivent être développés afin d'avoir une vue globale des options pour le client.

5-Produire les analyses financières - CTP : pour permettre de juger de la performance des résultats des divers scénarios, on produit les CPT.

6-Analyser les résultats pour valider la conformité : l'analyse des résultats permet de s'assurer de la conformité des résultats, mais aussi de leurs degrés de précision.

7-Identifier les données sensibles aux résultats : pour permettre une analyse plus large, on se doit de valider certains paramètres de l'analyse des CPT en identifiant les critères influençant les résultats. On peut inclure, dans ce type d'analyse, la sensibilité des coûts du carburant fossile.

8-Analyser les résultats des analyses de sensibilité : comme pour les résultats des scénarios, une validation s'avère requise pour assurer la conformité des résultats et de leurs utilisations.

9-Déterminer le meilleur scénario possible pour le client : à cette étape, on détermine le meilleur scénario pour le client. On peut alors l'identifier via le scénario probable.

Lorsque ces étapes sont franchies, des négociations auront lieu afin de conclure une entente commerciale entre les parties. Cette entente indiquera clairement les conditions d'utilisation des ÉqVéh.. On pourra alors mesurer la performance

3.3 Démonstration - cas réel

L'objectif ultime du mémoire est de démontrer si le modèle EaaS peut être considéré pour les ÉqVéh. Puisque que la littérature scientifique ne permet de juger de la pertinence ou non du modèle, une démonstration basée sur des données réelles sera produite. Cette démonstration consistera à utiliser les données sur le mode opérationnel d'un client, d'utiliser le modèle d'analyse économique de 7GEN et de comparer les résultats des deux approches.

Cette comparaison consistera à mettre en évidence le CTP de chaque options et de tirer les conclusions appropriées. La recherche de réponse sera axée sur les ÉqVéhÉ lourd, soit de classe 8, voir la Figure 2 - Classification des ÉqVéh FHWA, puisque le client utilise actuellement cette catégorie de véhicules. Cela permettra aussi de valider la performance d'un modèle économique relativement documenté, soit le CTP.

Un autre élément a influencé le choix du client, soit le type d'ÉqVéh de classe provient des échanges tenues lors de la rencontre du 22 juin 2022 au CEI. Lors des discussions, un des critères de succès, voir le Tableau A XI – Barrières, critères de succès, enjeux et défis, était d'analyser la performance du modèle avec un ÉqVéh « vanille », soit avec le minimum d'équipements embarqués. Cette avenue faciliterait la gestion des interventions auprès du manufacturier. Si plusieurs équipements embarqués dans un ÉqVéh sont installés, l'entretien pourrait être complexifié dû à la présence de différents manufacturiers ayant contribué à l'aménagement de véhicules. Cette situation particulièrement présente avec des ÉqVéh d'utilités publiques.

Dans le CHAPITRE 4 le mode opérationnel du client, le modèle économique de 7GEN et par certaines hypothèses retenues par les participants seront élaborées. Puis, divers scénarios avec des analyses de sensibilité viendront démontrer les performances et surtout de proposer un scénario probable aux clients.

Des analyses de sensibilité ont été incluses pour fixer les limites du modèle de 7GEN. Il est possible que certains paramètres aient un impact sur les ÉqVéh dont les infrastructures requises pour assurer la recharge. La capacité en charge peut aussi avoir un impact sur la consommation d'énergie requise; plus le poids de l'équipement est élevé plus la consommation est élevée, c'est le même principe que pour les ÉqVéh à combustion interne.

Pendant les recherches et lectures, effectuées, une statistique fort intéressante a été découverte, soit la distribution des équipements véhiculaires lourds (ÉqVL) en fonction du nombre de propriétaires. Cette donnée provient de deux sources distinctes : la première, au Québec, provient du document du gouvernement du Québec, Portait statistiques et économique – Le camionnage au Québec (Accolley et al., 2018) indique que 76 % des propriétaires possèdent entre un et cinq camions.

La deuxième source provient de l'« American Truck Association » (ATA) qui (Woo & Grandy, 2021) indique que 91 % des propriétaires de ÉqVéhL en possèdent moins de six en 2019.

Ces données indiquent qu'une importante quantité de ÉqVéh ne sont pas associées à des entreprises de moyenne ou de grande taille mais plutôt à des entreprises de petite taille. Normalement, dans ce genre d'entreprises, l'accent est mis sur la génération de revenus donc, de se concentrer sur les activités les engendrant. Or, on peut assumer que le temps consacré aux autres activités de gestion d'une organisation est optimisé, voire minimisé. Cela permet d'assumer que le modèle d'affaires EaaS pourrait simplifier la gestion d'un parc d'ÉqVéh et donc qu'il existe une opportunité.

Finalemeht, plusieurs entrevues individuelles tels éehanges, discussions et présentations avec des manufacturiers, de clients ou bien des gens associés à l'industrie des ÉqVéh ont servi à prendre le pouls de l'industrie.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS ET ANALYSES – MODÈLE EVaaS

Dans ce chapitre, on présente les résultats des analyses en lien avec le mode opérationnel du client et du modèle économique de 7GEN. Pour évaluer le modèle on utilisera diverses données et certaines hypothèses seront proposées. Une description du client permettra de positionner son apport aux résultats.

4.1 Le client

Cette section présentera la description du client et de son sous-traitant en transport de marchandises. On présentera son mode opérationnel, une description de ses équipements véhiculaires et de ses infrastructures ainsi que des données économiques.

4.1.1 Description

Les informations obtenues dans cette section proviennent d'échanges et discussions avec deux employés de l'entreprise. Ces personnes sont un chargé de projet et un Vice-Président Développement des affaires de la Division gestion des actifs et de l'efficacité énergétique.

Le client est une entreprise qui a plus d'une centaine d'année d'histoire. Elle s'active dans une dizaine de secteurs d'activités intégrées avec plus de 5 000 employés en Amérique. On doit noter que l'entreprise vise à transformer des ressources renouvelables en produits pour un usage quotidien. L'entreprise œuvre dans un secteur économique dont ses produits de prête bien à l'électrification des transports.

Son chiffre d'affaires globale avoisine les 2 milliards de dollar en 2020 pour ses différents secteurs d'activités. Le nombre de sites de l'entreprise dépasse 50 installations en Amérique.

La dépense en transport pour l'ensemble de ses activités est d'approximativement 400 M\$ sur une base annuelle. Dans le mémoire on se concentrera sur un seul secteur d'activité, soit celui des produits de consommation courante. Une route spécifique de déplacement au Québec a été choisie pour analyser le coût total de possession sera utilisée. L'entreprise n'est pas responsable de la gestion quotidienne des équipements véhiculaires laissant le tout à son sous-traitant. Le rôle du sous-traitant, dont on définira ses services dans les prochaines sections, est d'assumer le transport de la marchandise du client. Cette distinction est importante car ce l'on cherche à démontrer est la comparaison de performance économique actuelle des ÉqVéhÉ selon un scénario EVaaS et le scénario actuel pour le client, donc celui du sous-traitant.

La démarche actuelle du client, dans la transition énergétique, consiste à l'introduction de deux ÉqVéhÉ de classe 8. Le tout vise à évaluer son modèle actuel pour le transport de ses marchandises. Le modèle repose sur l'utilisation d'un sous-traitant pour les allers-retours d'une marchandise spécifique.

Le client se questionne sur l'utilisation de sous-traitants pour son transport. Selon les échanges, le sous-traitant actuel ne veut pas assumer les risques financiers associés à la transition énergétique. Dans ce contexte, le client a procédé lui-même aux acquisitions des véhicules, des bornes de recharge ainsi qu'aux installations. Le rôle du sous-traitant est de poursuivre ses services tel qu'actuellement. Le sous-traitant actuel possède près d'une centaine d'ÉqVéhÉ de classe 8 au diesel.

Le client a accepté de participer au mémoire puisqu'on vise trois objectifs avec la mise en service de véhicules classe 8 tout électrique. Ces objectifs sont présentés dans Tableau 24 - Objectifs client .

Tableau 24 - Objectifs client
Tirée rencontre avec le client

Objectifs
S'assurer de l'application opérationnelle des véhicules classe 8 dans la stratégie de l'entreprise
Établir le modèle d'affaires qui doit s'assurer de maintenir un juste un coût et maintenir une efficacité identique avec les véhicules classe 8 au diesel
Permettre de démontrer aux clients qu'une chaîne d'approvisionnement favorisera le développement durable

Parmi les trois objectifs, celui sur la mise en place du modèle d'affaires permet d'inclure l'EaaS comme alternative possible. On doit noter que l'acquisition des ÉqVéhÉ de classe 8 a été confié à une division qui assume la gestion de l'énergie.

La division responsable des actifs immobiliers et de l'efficacité énergétique des sites, gère le projet pilote afin d'assumer les coûts excédentaires possibles avec la mise en service des deux ÉqVéhÉ de classe 8 et des infrastructures requises pour la recharge des batteries. Cela signifie que le coût du transport se fera à coût nul pour la division des produits avec la même efficacité qu'actuellement. L'économie ou la perte sera assumée par la division Énergie.

L'objectif étant de généré une économie nette sur l'énergie, soit le delta entre les surcharges de carburants et de l'électricité pour la recharge des batteries. Cet engagement est nécessaire

puisque la compétition du marché est féroce. L'entreprise ne veut pas que sa division des produits refile les couts additionnels à leurs clients. Ce marché étant extrêmement compétitif.

Finalement, le client est actuellement en projet-pilote avec l'utilisation de deux ÉqVéhÉ de classe 8 ainsi que de l'installation de deux bornes de recharges à son usine de transformation ainsi qu'au centre de distribution.

4.1.2 Mode opérationnel

Le client a déterminé les critères de succès pour mener à bien son projet pilote pour l'implantation d'ÉqVéhÉ de classe 8. Le premier critère est en lien avec l'autonomie des ÉqVéhÉ du manufacturier sélectionné. La technologie permettait au moment de l'analyse de combler le besoin des routes régionales, typiquement inférieur à 250 km.

Le type de route est une deuxième critère retenue par le client. Cette caractéristique permet de sélectionner une route facilitant l'économie d'énergie. On voulait éviter des routes avec des dénivellation importante, ce qui aurait comme conséquence d'augmenter la consommation d'énergie.

Pour déterminer la route, une analyse des différents circuits que l'entreprise utilisent pour le transport de sa marchandise. Comme toute entreprise la rentabilité est essentielle pour assurer la pérennité, le client à miser sur des routes à fort volume à travers l'année qui étaient peu affectées par la saisonnalité. Afin d'optimiser la recharge et le comportement des véhicules, un temps total de trajet compris entre 2 et 3 heures est préconisé par le client. La durée de ce projet pilote étant fixé entre 12-18 mois pour permettre de mieux comprendre le nouveau modèle et d'acquérir les connaissances requises pour s'attaquer aux routes supérieures à 150 kilomètres en 2024 qui des particularités différentes.

Le choix final du parcours fut une distance à parcourir de 140 kilomètres empruntant des axes autoroutiers de la périphérie de Montréal qui répondent effectivement aux critères de distance

et aux autres contraintes techniques établies par le client. Notamment, la durée du parcours était estimée à 2,5 heures. La route choisie est relativement directe de son point de départ à son point d'arrivée. La majorité du kilométrage parcourue s'effectuant sur les autoroutes précédemment mentionnées. Le trajet est le même à chaque jour.

Une séquence a été bâtie afin de déployer le projet pilote et ainsi valider les critères de succès anticipés. La route choisie utilise près de dix véhicules de classe 8 dont approximativement 8 utilisent du carburant diesel alors que les 2 ÉqVéhÉ de classe 8 viennent compléter les voyages. Dans la séquence, afin d'optimiser l'utilisation des ÉqVéhÉ de classe 8 et des infrastructures, on inclut le temps de recharge nécessaire. La séquence vise à effectuer entre 7 à 8 voyages par jour avec les ÉqVéhÉ de classe 8. Le choix d'utiliser deux véhicules versus un véhicule pour le diesel a pour but de réduire le temps d'arrêt du personnel utilisant les véhicules électriques requis pour la recharge des batteries. L'objectif étant d'effectuer 7 à 8 voyages sur les 40 effectués à chaque jour, soit approximativement 20 % des voyages sur la route de l'adresse A à l'adresse B. Le temps requis par jour pour les livraisons se situe à 20 heures. Pour fins d'évaluation, le nombre de voyage a été établi à 7. Le Tableau 25 - Tableau voyages client présente la séquence des voyages.

Tableau 25 - Tableau voyages client
Tirée rencontre avec le client

	Camion 1				Camion 2			
	Point départ	Durée	Km	Point arrivé	Point départ	Durée	Km	Point arrivé
Voyage 1	Adresse A	1,25	70	Adresse B	Recharge Adresse A			
Voyage 1	Adresse B	1,25	70	Adresse A	Recharge Adresse A			
Voyage 2	Recharge Adresse A				Adresse A	1,25	70	Adresse B
Voyage 2	Recharge Adresse A				Adresse B	1,25	70	Adresse A
Voyage 3	Adresse A	1,25	70	Adresse B	Recharge Adresse A			
Voyage 3	Adresse B	1,25	70	Adresse A	Recharge Adresse A			
Voyage 4	Recharge Adresse A				Adresse A	1,25	70	Adresse B
Voyage 4	Recharge Adresse A				Adresse B	1,25	70	Adresse A
Voyage 5	Adresse A	1,25	70	Adresse B	Recharge Adresse A			
Voyage 5	Adresse B	1,25	70	Adresse A	Recharge Adresse A			
Voyage 6	Recharge Adresse A				Adresse A	1,25	70	Adresse B
Voyage 6	Recharge Adresse A				Adresse B	1,25	70	Adresse A
Voyage 7	Adresse A	1,25	70	Adresse B	Recharge Adresse A			
Voyage 7	Adresse B	1,25	70	Adresse A	Recharge Adresse A			
Total		10	560			7,5	420	

L'adresse A étant son usine de transformation alors que l'adresse B est son centre de distribution. Pour les déplacements, on retrouve près de 10 véhicules pour effectuer les allers-retours qui requiert un trajet approximativement 140 km. On a aussi installé deux bornes de recharge, l'une à l'usine et l'autre au centre de distribution. Comme actuellement, c'est le sous-traitant qui assume l'utilisation des camions.

On doit aussi noter que dans le transport de marchandise on détermine les coûts pour un seul trajet, et non le coût aller-retour, comme c'est le cas pour la situation actuelle de l'entreprise. On doit aussi noter que l'entreprise envisage que dans un horizon de 4-5 années, que cette activité pourrait être effectuée par des sous-traitants, elle ne devra donc possiblement pas assumer la gestion directe de son parc d'équipements de véhicules.

Finalement, la marchandise transportée se trouve seulement lors des voyages de l'adresse A vers l'adresse B. On ne trouve aucune charge lors du retour vers l'usine de transformation ce qui favorise le kilométrage parcouru requis pour le transport, puisque la capacité en charge est réduite.

4.1.3 Description équipements

4.1.3.1 Les véhicules

Les véhicules sélectionnés par le client proviennent d'un manufacturier de classe mondial existant depuis plusieurs décennies. Le choix fut basé, avant tout, sur la réputation du manufacturier afin de bénéficier de l'expertise de celui-ci dans le déploiement de nouvelles technologies, soit les véhicules électriques lourds de classe 8 à batteries dans la fabrication.

Les caractéristiques du modèle sélectionnés sont présentés dans le Tableau 26 - Caractéristiques véhicule client suivant :

Tableau 26 - Caractéristiques véhicule client
Tirée rencontre avec le client

Caractéristiques	Spécifications
Empattement	190 pouces
Motricité	Moteur-Essieu
Classe	8
Poids Nominal Brut du Véhicules (PNBV)	80 000 livres
Capacité nominale de la batterie	396 kWh
Chimie de la batterie	LiFePO ₄
Garantie batterie	6 ans ou 320 000 KM
Autonomie annoncée	220 kilomètres
Puissance	400 kW ou 536 hp (continu) et 500 kW ou 670 hp (pointe)
Temps de recharge courant alternatif (AC)	≈36 heures
Temps de recharge rapide	3,6 heures
Poids supplémentaire	6000 à 7000 livres

En service depuis août 2022 mais en période rodage depuis novembre 2022, les véhicules ont déjà parcourus 25 000 kilomètres sur ladite route. La période d'août à novembre 2022 a surtout servi à la mise en service des véhicules et de leurs infrastructures et pour corriger certains problèmes techniques. Le tout avait pour but de préparer la mise en service plus officielle.

L'installation et l'appropriation de la plateforme du système d'entraînement était aussi parmi les prérequis pour le projet pilote sur la route identifiée par l'entreprise et qui devait être fonctionnelle pour la mise en service des véhicules. Cette plateforme étant au cœur de l'évaluation de la performance des véhicules.

Finalement, afin d'effectuer le transport de la marchandise, des remorques sont requises. Celles-ci sont fournies par le sous-traitant en transport qui assume la gestion du cycle de vie financier et de leurs entretiens.

4.1.3.2 Les infrastructures

On compte deux chargeurs pour assumer la recharge des ÉqVéhÉ du client. Le premier est installé à l'adresse A du client qui est l'usine de transformation. Le chargeur est branché sur le circuit existant de l'usine et aucun branchement spécifique ne fut requis. La charge additionnelle est relativement faible car elle représente moins de 1% de la capacité de l'usine.

Pour le chargeur de l'adresse B, soit le centre de distribution, le chargeur est aussi branché directement sur le système central électrique du centre de distribution. On a installé ce deuxième chargeur afin de gérer certains risques associés au déploiement de la nouvelle technologie de batteries pour les véhicules lourds. L'usine et le centre de distribution n'ayant pas d'installation pour produire de l'électricité advenant une panne de courant la redondance avec deux chargeurs s'avère pour le projet la solution retenue. Les recharges à l'adresse B devraient limités au minimum mais surtout pour tenir des effets possibles du temps froid en hiver sur le kilométrage parcouru.

La stratégie d'implantation des chargeurs repose sur le fait que la consommation peu élevée n'influence pas les appels de puissance mais surtout le fait bénéficier que le client un tarif au kWh dès plus compétitifs.

Les deux chargeurs homologués selon la norme HEMA 3R & IP54 proviennent du même manufacturier, permet la recharge parallèle, permet une puissance de 180 kW et dont la durée de vie projetée est de 10 ans. Les caractéristiques sont présentées au Tableau 27 - Caractéristiques bornes de recharge client .

Tableau 27 - Caractéristiques bornes de recharge client

Tirée rencontre avec le client

Usine- Adresse A	Centre de distribution – Adresse B
Chargeur de 180 kW ou 2 x 90 kW	Chargeur 120 kW ou 2 x 90 kW
1 connecteur norme CCS1	1 connecteur norme CCS1

Actuellement, l'entreprise est en réflexion sur l'infrastructure idéal. L'évolution de la technologie actuelle, le développement et déploiement de la nouvelle technologie des manufacturiers court et moyen terme pourraient permettre d'optimiser les temps de recharge. Dans ce contexte, quelle sera la durée de vie des chargeurs ?

On possède aussi des sites stratégiques pour le déploiement des infrastructures de recharge. Des déplacements seront requis des usines vers les centres de distribution des différents produits vendus par l'entreprise dans ses secteurs d'activités. Une stratégie d'implantation des infrastructures sera alors nécessaire.

4.1.4 Données économiques

Cette section présente les aspects économiques du client. Ces données seront éventuellement utilisées dans le modèle « Total Cost of Ownership » de 7GEN. Le modèle économique actuel du client, avant l'acquisition des ÉqVéhÉ de classe 8 par le client, était fondamentalement une approche se services rendus par un sous-traitant en transport.

Le modèle d'affaires actuel pour le transport de marchandises du client est la tarification d'un montant fixe par voyage par son sous-traitant. Ce montant se compose d'une portion fixe et d'une portion variable. La partie fixe inclus les frais de carburant, la main d'œuvre, les véhicules, l'entretien, les assurances, les immatriculations, les remorques et la logistique. La portion variable est la surcharge de carburant. Ce montant est facturé à la division produits.

On pourrait alors qualifier cette approche de payer pour l'utilisation, un concept apparenté au modèle d'affaires EaaS. Le modèle actuel peut se présenter sous la Figure 29 - Modèle actuelle des services client.

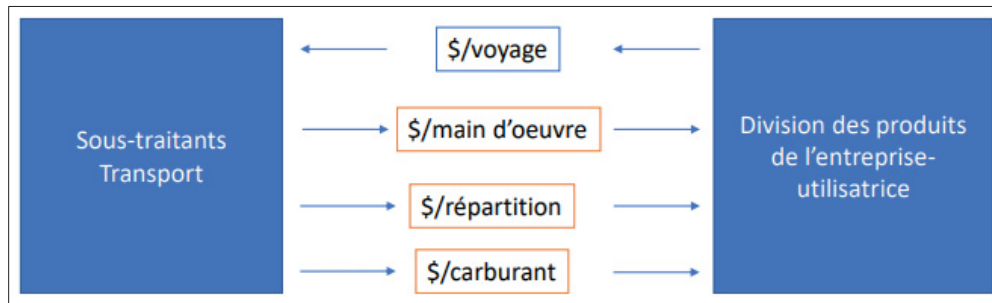


Figure 29 - Modèle actuelle des services client

Tirée et adaptée avec des informations transmises par le client

Le montant moyen facturé pour un trajet avec les caractéristiques évoquées plus haut est typiquement de l'ordre de 275 \$ sans surcharge de carburant mais incluant la marge bénéficiaire du sous-traitant effectuant le transport. La surcharge de carburant est variable et est basée sur l'écart entre le prix contractuel et le prix réel au moment du transport. La distance pour le trajet aller-retour est de 140 kilomètres. La surcharge ne s'applique que pour les voyages dont les camions utilisent du carburant diesel.

Le client mentionne que la deuxième borne installée à son centre de distribution ne devrait pas être incluse dans le coût total de possession car elle fut installée pour assurer la continuité des opérations le temps du projet pilote. Cependant lors des échanges, on a aussi mentionné que cette deuxième borne servait aussi à gérer une forme de redondance afin de gérer les risques associés au déploiement d'équipements véhiculaires électriques. On a donc inclus cette deuxième borne dans le calcul du CTP.

On utilise les branchements de l'usine et du centre de distribution pour alimenter les bornes de recharge et ainsi bénéficier d'une tarification avantageuse pour l'utilisation des véhicules. Cette décision, prise en 2020 avant la disponibilité des aides financières, permettait au client

de gérer une partie du risque financier associé au déploiement du projet pilote. En utilisant le branchement de l'usine on s'assurait de gérer en partie les risques financiers puisque le coût du kWh est associé à la tarification d'un client grande puissance d'Hydro-Québec.

Lors des discussions avec le client, on a mentionné que celui-ci veut expérimenter un nouveau modèle afin de soutenir le déploiement des ÉqVéhÉ de classe 8 en procédant à l'acquisition de deux véhicules et de l'infrastructure requise pour la recharge en se substituant au sous-traitant pour la durée du projet pilote. Le sous-traitant jugeant que le projet pilote comportait des risques qu'il ne voulait pas assumer financièrement. Une évaluation a posteriori sera éventuellement réalisée pour quantifier les résultats.

Pour gérer le risque associé au projet -pilote, on rappelle que le client à confier le mandat de l'introduction de véhicules électriques à sa Division de gestion d'actifs et d'efficacité énergétique au lieu de sa division Produits. Cela fait en sorte que le risque financier potentiel serait alors assumer par la division de gestion d'actifs. Cela évitera une pression indue sur les prix de ventes de ses produits pour l'ensemble de ses activités. On ne doit pas oublier que l'entreprise vend plusieurs dizaines de produits dans d'autres secteurs d'activités qui devront éventuellement utilisées des ÉqVéhÉ de classe 8.

On doit alors modifier la Figure 29 - Modèle actuelle des services client pour intégrer un modèle à trois intervenants, soit la division énergie de l'entreprise. On a alors à la Figure 30 – Modèle révisé des services client.

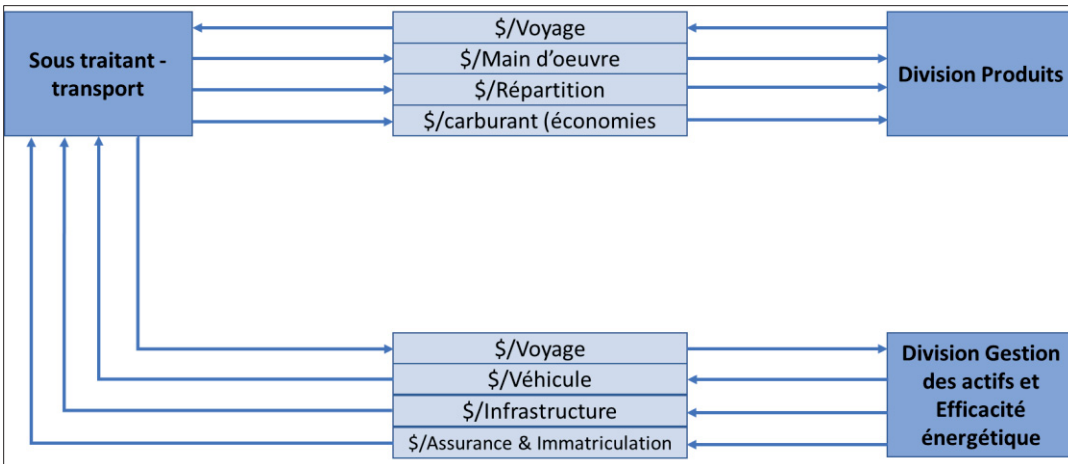


Figure 30 – Modèle révisé des services client

Tirée et adaptée avec des informations transmises par le client

Ce modèle fait en sorte que la division produit de l'entreprise continuera à payer le même tarif approximatif pour l'aller-retour de 275 \$ plus une surcharge de carburant lors de l'utilisation de véhicules utilisant du carburant diesel. Cependant, puisque dans son tarif de 275 \$, il y a déjà une portion attribuable au carburant, une partie de la somme sera remise la Division de Gestion des Actifs par le sous-traitant. C'est sur cette portion que mise la Division de Gestion des Actifs pour rentabiliser son opération.

Le sous-traitant transport transmettra une facture identique à la Division Gestion des actifs qui en retour redonnera en partie le coût pour les véhicules, les infrastructures, les assurances et les immatriculations. L'objectif étant de favoriser les véhicules électriques pour viser 8 voyages sur les 40 effectués par jour entre l'usine de transformation et le centre de distribution.

On croit dans l'entreprise que les manufacturiers offriront des solutions innovantes dans le moyen-long terme pour répondre aux besoins des clients-utilisateurs. Entre leurs offres de location seront plus avantageuses pour le client, les taux d'intérêt le seront aussi, les infrastructures pourraient être éventuellement assumées et développées par les manufacturiers. On doit mentionner que sur le continent Européen ces offres existent déjà tel que mentionné

dans le CHAPITRE 2. On peut faire alors une analogie avec le modèle que traite le présent mémoire sous les EaaS.

Cependant, malgré l'offre des manufacturiers, on croit que les entreprises devront avoir une excellente expertise du domaine de l'énergie mais aussi des connaissances techniques importantes pour la technologie tant des batteries et plus spécifiquement les véhicules lourds utilisant des piles à combustion en combinaison avec l'hydrogène. Cela particulièrement pour les grandes distances à franchir. À terme, soit trois ans, le client croit que son modèle sera remplacé par le modèle décrit dans ces dernières lignes.

En plus des connaissances précédemment mentionnées, l'opérateur devra approfondir la gestion des données qui serviront à mieux comprendre ce nouvel écosystème dans lequel les utilisateurs d'équipements véhiculaires lourds évolueront.

Le client veut, pour le moment, arrimer la durée de vie de ses équipements véhiculaires électriques à la durée des garanties que proposent les manufacturiers. Selon eux, c'est avant tout une gestion du risque pour éviter des frais d'entretien important qui viendraient alors modifier sensiblement leur modèle économique.

4.2 Résultats modèle EVaaS

Cette section présentera les résultats des divers scénarios produits avec le modèle de 7GEN mais aussi avec les informations obtenues via le client. On présentera diverses analyses de sensibilité ainsi qu'une analyse statistique des résultats du coût total de possession. Un scénario probable sera aussi présenté. L'objectif primordial est de comparer les coûts que propose le modèle de 7GEN avec le coût du client et de son sous-traitant pour la mise en service de ÉqVéhÉ. On cherchera à faire le lien avec le modèle EaaS.

4.2.1 Modèle d'analyse de 7GEN

L'outil utilisé pour effectuer les analyses repose sur le tableur Google Sheets. 7GEN a développé cette application afin de déterminer le coût total de possession. Pour des raisons commerciales, le tableur ne peut être présenté en détail dans le présent mémoire.

Pour l'utiliser, une entente de non-divulgence a été signée par l'auteur du présent mémoire. La Figure 31 - Modèle Coût total de possession 7GEN présente l'onglet 1.



Figure 31 - Modèle Coût total de possession 7GEN
Tirée du tableau Google Sheets de 7GEN

Le modèle de 7GEN comporte plusieurs onglets qui ont tous leurs utilités. Le premier onglet sert à inscrire les différents paramètres afin de procéder aux différents calculs requis pour l'obtention du CTP. Le deuxième onglet présente les résultats du CTP. Le troisième permet d'inscrire les paramètres des véhicules alors que le dernier sert à effectuer une série de calculs permettant de nourrir les onglets précédents. 7GEN l'adapte selon les modes opérationnels des clients pour lequel il effectue des analyses de CTP.

Les composantes du modèles coût total de possession. On les présente dans le Tableau 28 -
Tableau des composantes CTP :

Tableau 28 - Tableau des composantes CTP

Tirée du modèle économique de 7GEN

Composantes du coût total de possession	Description
Véhicules	<ul style="list-style-type: none"> -Acquisition des véhicules moins les aides financières -Comptant, si requis -Taux d'intérêt -Terme -Frais de gestion -Télématique du véhicule
Bornes de recharge	<ul style="list-style-type: none"> -Financement des bornes, de l'installation de l'infrastructure requise pour la charge des véhicules moins les aides financières -Frais de gestion -Frais de télémétrie des bornes -Frais de maintenance des bornes -Taux d'intérêt -Terme
Électricité et carburant	<ul style="list-style-type: none"> -Électricité pour les recharges -Kilométrage mensuel parcouru -Taux kWh du client (sous-traitant) -Taux d'inflation -Prix du diesel
Frais de maintenance et réparations	<ul style="list-style-type: none"> -Frais d'entretien et de réparation

4.2.2 Scénarios, paramètres et hypothèses

Pour permettre de comparer le coût total de possession des divers scénarios avec celui du client, une série de scénarios furent élaborés. Pour fins de comparaison, 4 scénarios furent retenus. Ces scénarios sont axés sur la comparaison de la performance financière d'ÉqVéhÉ.

Sur la base de ces scénarios, certaines analyses de sensibilité furent élaborées afin d'évaluer la performance du modèle EVaaS. Ces analyses et leurs résultats sont présentés à la section 4.2.4 Analyse de sensibilité. De ces analyses de sensibilité, un scénario probable a été établi. Dans un premier temps présentons les 4 scénarios à l'aide du Tableau 29 – Scénarios EV.

Tableau 29 – Scénarios EV

Tiré et adapté par l'auteur

Scénario	Description
Scénario EV1 – Introduction 2020 7GEN	-Basé sur le prix du véhicule électrique en 2020 – fourni par le client calculer avec le modèle de 7GEN
Scénario EV2 – Réaliste 2023 7GEN	-Basé sur le prix du véhicule électrique en 2023 obtenu par 7GEN et calculer avec le modèle de 7GEN
Scénario EV3 - EVaaS	-Basé sur le scénario EV2 mais sans montant CAPEX
Scénario EV4 – Client	-Basé sur données du client provenant de son sous-traitant transport

Les analyses de sensibilité seront basées sur le scénario EV3 - EVaaS. Les deux premiers scénarios ont été éliminés puisque le scénario EV1 repose sur un prix d'introduction par le manufacturier qui n'est plus accessible et avec lequel le client a élaboré l'introduction des ÉqVéhÉ. Quant au scénario EV2, c'est proposition de base que présente 7GEN lors de

discussions avec des clients potentiels. Dans ce scénario, le client doit faire un versement initial, soit un montant en CAPEX, ce qui n'est pas l'approche privilégiée par le EaaS.

À ce stade un rappel des paramètres et hypothèses est requis. On présentera le tout, sous forme tableau en cinq blocs. Les blocs sont identifiés dans les tableaux 30-31-32-33-34 et définis comme étant : mode opérationnel, camion VÉ, camion diesel, infrastructures & bornes et paramètres financiers. Les prochains tableaux les présentent.

Tableau 30 - Paramètres mode opérationnel

Tirée du client

MODE OPÉRATIONNEL	
Kilomètres/voyage aller retour	140
Nbres trajets/jour	7
Nbres trajets/annuel	2 555
kilomètres/jour total 7 voyages	980
Charge-utile (livres) minimum	20 000
Charge-utile (livres) maximum	30 000

Tableau 31 - Paramètres camions VÉ

Tirée du client

CAMIONS VÉ	
Classe	8
Poids Nominale Brute du Véhicule (PNBV) - Livres	82 000
Batteries (kWh)	400
Autonomie (Km)	240
Prix avant subventions (\$)	440 000
Subvention Provincial (Écocamionnage) (\$)	175 000
Subvention Fédéral (iMHZEV) (\$)	150 000
Acompte 10% coût original (\$)	44 000
Prix après subventions (\$)	71 000
Nombre de véhicules	2
Coût pour les véhicules (\$)	142 000
Coût maintenance (\$/km)	0,14
Coût énergie (\$/kWh)	0,05

On remarquera dans le Tableau 31 - Paramètres camions VÉ que des subventions sont disponibles pour l'acquisition des camions. Une première subvention provient du programme Écocamionnage du gouvernement provincial pour un montant de 175 000\$ (Québec, 2023b). Quant au gouvernement fédéral la subvention est de 150 000 \$ via le programme Véhicules moyen et lourd à zéro émission (iVMLZE) (Canada, 2022a).

Tableau 32 - Paramètres camion diesel

Tirée du client

CAMION DIESEL	
Classe - même modèle que le VÉ	8
Poids Nominale Brute du Véhicule (PNBV) - Livres	82 000
Prix (\$)	240 000
Coût maintenance (\$/km)	0,22
Coût carburant (\$/litre)	2,04

Tirée du client

Tableau 33 - Paramètres Infrastructures

INFRASTRUCTURES	
Borne principale (kW)	180
Borne secondaire (kW)	120
Prix incluant installation avant subvention (\$) 180	240 000
Prix incluant installation avant subvention (\$) 120	180 000
Coût infrastructures	420 000
Subventions provincial - Transportez Vert par borne (\$)	60 000
Acompte 10% coût original (\$)	42 000
Nombres de bornes	2
Subventions provincial - Transportez Vert total (\$)	120 000
Coûts pour les infrastructures (\$)	378 000

On note dans le Tirée du client

Tableau 33 - Paramètres Infrastructures que le gouvernement provincial subventionne l'installation de bornes de recharge son programme Transportez Vert (Québec, 2023c).

Tableau 34 - Hypothèses financières
Tirée du client

FINANCEMENT CAMIONS ET INFRASTRUCTURES	
Terme (mois)	60
Taux intérêt (%)	8,00%
Mise de fonds (%)	10,00%
Mise de fonds (\$)	52 000
Valeur résiduelle (\$)	1
Carbone Canada (\$)/to.eq. Co2	95
Carbone Québec (\$)/to.eq. Co2	35

4.2.3 Les résultats des scénarios

Le modèle EaaS, tel que mentionné, met l'accent sur le paiement à l'utilisation. Pour 7GEN, son offre est une mensualité pour la totalité de ses services. Cependant, le client paie un montant fixe de base pour ses voyages. On convertira alors les coûts de 7GEN en coûts par voyage. Cela permettra de tendre vers le modèle EaaS.

Les trois premiers scénarios utilisent le modèle 7GEN. Pour déterminer le coût par voyage, on a utilisé 2 555 voyages par année, soit 7 voyages multiplié par 365 jours.

Les résultats du CTP selon le modèle de 7GEN, sont présentés au Tableau 35 - Résultats modèle 7GEN scénarios :

Tableau 35 - Résultats modèle 7GEN scénarios

Tirée de l'auteur

Description	Scénario 1 - Introduction 7GEN	Scénario 2 - Réaliste 7GEN	Scénario 3- EVaaS 7GEN Scénario 2 Sans CAPEX
CTP 7GEN - Véhicules	279 355 \$	649 782 \$	675 555 \$
CTP 7GEN - Bornes & Infra & Logiciels	480 420 \$	480 420 \$	493 260 \$
CTP 7GEN - Électricité/diesel	152 765 \$	152 765 \$	152 765 \$
CTP 7GEN - Maintenance et réparation	250 390 \$	250 390 \$	250 390 \$
CTP 7GEN - total 5 ans	1 162 930 \$	1 533 357 \$	1 571 970 \$
CTP 7GEN - par année	232 586 \$	306 671 \$	314 394 \$
Nombre de voyages	2 555	2 555	2 555
Coût par voyage	91,03 \$	120,03 \$	123,05 \$
Coût non-inclus main d'œuvre	109,71 \$	109,71 \$	109,71 \$
Coût non-inclus immatriculation	1,58 \$	1,58 \$	1,58 \$
Coût non-inclus assurance	7,14 \$	7,14 \$	7,14 \$
Total coût par voyage	209,46 \$	238,46 \$	241,48 \$

Tel que mentionné, le scénario EV3 sera celui qui sera utilisé pour comparer le CTP par voyage du modèle 7GEN avec celui du client. Ce scénario, soit le EV4, requiert d'introduire une marge bénéficiaire. Cela est requis car puisque 7GEN fera la proposition au sous-traitant du client. La marge sera ajoutée par le sous-traitant au coût total par voyage au client.

La détermination de cette marge bénéficiaire n'est pas évidente. Autant le client ne peut fournir cette donnée, autant son fournisseur ne veut se compromettre, en la diffusant. On peut trouver dans littérature (Alex Leslie & Murray, 2022), le pourcentage de marge de profit opérationnelle. Pour le type de transport de marchandise du client, soit marchandise sec, en anglais « Dry van Truckload ». Pour cette catégorie, le pourcentage est établi à 10 %.

Cependant, lors des discussions avec le client, la décision d'utiliser un pourcentage de 15%, provenant des états financiers de TFI International (International, 2022), fut prise. Ce transporteur dont le siège social est au Québec, exerce son métier en Amérique du Nord. En utilisant la marge bénéficiaire de 15 %, on obtient un coût par voyage de 233,74 \$. Soit 275 \$ moins la marge établie à 41,25\$.

Maintenant que l'on a établi le coût par voyage excluant la marge bénéficiaire, le Tableau 36 – Résultat coût par voyage présente les résultats ainsi que les écarts entre les scénarios EV3 et EV4. Bien que le scénario EV4 inclus une charge pour le carburant diesel, le client préfère maintenir le coût par voyage inchangée.

Tableau 36 – Résultat coût par voyage

Tirée de l'auteur

Scénario	\$/voyage
Scénario EV3 - EVaaS	241,48
Scénario EV4 - Client	233,75
Écart (\$)	7,73
Écart (%)	3,20%

Ces résultats exclus l'impact des crédits carbone dont nous traiterons la section 4.2.4 Analyse de sensibilité. N'oublions pas que l'objectif fondamentale de la section 4.2 Résultats modèle EVaaS est de comparé le CTP obtenu à l'aide du modèle de 7GEN avec celui qu'utilise le sous-traitant du client.

Un élément important à souligner concerne la décision du client d'utiliser deux ÉqVéhÉ pour un ÉqVéh au diesel. Cette approche peut-être, au départ contre-productif mais les résultats indiquent le contraire.

La prochaine section traitera de la sensibilité de certaines données ou paramètres exerçant une influence sur le coût total de possession et par conséquent sur le coût par voyage.

4.2.4 Analyse de sensibilité du scénario EV3 -EVaaS

Pour évaluer l'impact sur le CTP de certains paramètres des analyses de sensibilité sont requises. La présente section donnera le résultat sur le coût par voyage de ces analyses. Toutes

analyses de sensibilité sont construites avec en référence le scénario 3 – EVaaS. Ces analyses de sensibilité sont le résultats de discussions, échanges et expertise de l’auteur.

Les différentes analyses de sensibilité sont présentées dans le Tirée de l’auteur

Tableau 37 - Analyse de sensibilité.

Tirée de l’auteur

Tableau 37 - Analyse de sensibilité

Scénario	Description
Sensibilité EV3A – Durée	Scénario 3 -EVaaS avec une durée de contrat de 10 avec remplacement des batteries des VÉ après 5 ans et le remplacement du moteur diesel
Sensibilité EV3B – Québec	Scénario 3 – EVaaS avec les données sur le prix de l’énergie au Québec sur la base d’un client de 1000 kW puissance
Sensibilité EV3C – Colombie-Britannique	Scénario 3 – EvaaS avec les données sur le prix de l’énergie, et les subventions de la Colombie-Britannique
Sensibilité EV3D - Ontario	Scénario 3 – EvaaS avec les données sur le prix de l’énergie, les subventions et le prix des camions de l’Ontario
Sensibilité EV3E – Prix du carbone Canada	Scénario 3 – EVaaS incluant les revenus du carbone basé sur le coût moyen Canada
Sensibilité EV3F – Prix carbone Québec	Scénario 3 – EVaaS incluant les revenus du carbone basé sur le coût du SPEDE - Québec

4.2.4.1 Sensibilité EV3A - Durée contractuelle

La durée contractuelle est une analyse de sensibilité importante puisqu'elle est influencée par, entre-autres, la durée des garanties. Le mode opérationnel du client (sous-traitant) vise à effectuer près de 360 000 km par année. En conséquence la garantie des batteries sera atteinte après approximativement dans la première année. La garantie étant de 6 ans ou 320 000 km pour les batteries sur les véhicules. De plus, cette analyse de sensibilité inclut le remplacement des batteries vers la cinquième année et le remplacement du moteur VCI.

Pour explorer ce paramètre contractuel, on l'évaluera sur une durée de 10 ans alors que dans le scénario EV2 – EVaaS, cette durée est de 5 ans. Le Tableau 38 - Analyse sensibilité EV3A – Durée présente le tout :

Tableau 38 - Analyse sensibilité EV3A – Durée

Tirée de l'auteur

Description	Scénario 3 - EVaaS	Sensibilité EV3A - Durée	Écart	Variation voyage %
CTP 7GEN - Véhicules	675 555 \$	769 147 \$	93 592 \$	24,72%
CTP 7GEN - Remplacement batteries	0 \$	140 000 \$	140 000 \$	
CTP 7GEN - Bornes & Infra & Logiciels	493 260 \$	611 160 \$	117 900 \$	
CTP 7GEN - Électricité/diesel	152 765 \$	313 360 \$	160 595 \$	
CTP 7GEN - Maintenance et réparation	250 390 \$	500 780 \$	250 390 \$	
CTP 7GEN - total 10 ans	1 571 970 \$	2 334 447 \$	762 477 \$	
CTP 7GEN - par année	314 394 \$	466 889 \$	152 495 \$	
Nombre de voyages	2 555	2555	0,00 \$	
Coût par voyage	123,05 \$	182,74 \$	59,69 \$	
Coût non-inclus main d'œuvre	109,71 \$	109,71	0,00 \$	
Coût non-inclus immatriculation	1,58 \$	1,58	0,00 \$	
Coût non-inclus assurance	7,14 \$	7,14	0,00 \$	
Total coût par voyage	241,48 \$	301,17 \$	59,69 \$	

On remarque un écart de près de 25 % sur le coût par voyage versus le scénario EV3 – EVaaS qui est d'une durée contractuelle de 5 ans. Le CTP est de 59,69 \$ de plus par voyage alors que l'on procède aux remplacements des batteries approximativement après cinq ans.

4.2.4.2 Sensibilité EV3B - Client HQ puissance

Dans cette analyse, on utilise le taux au kWh moyen d'un client avec une puissance de 1000 kW. Ce taux provient d'une étude sur les tarifs de villes nord-américaines (Hydro-Québec, 2022), qui est de 8,37 ¢/kWh pour un client ayant un client de moyenne puissance. Cette analyse permet de constater que les taux varient grandement. Selon cette même étude les taux pour les entreprises peuvent varier entre 5,04 et 12,67 ¢/kWh.

Le Tableau 39 – Analyse sensibilité EV3B - Puissance client HQ présente le coût par voyage qui augmente de 3,34 % versus le scénario 4 – EVaaS.

Tableau 39 – Analyse sensibilité EV3B - Puissance client HQ

Tirée de l'auteur

Description	Scénario 3 - EVaaS	Sensibilité EV3B- Qc puissance 1000 KW	Écart	Variation voyage %
TCO 7GEN - Véhicules	675 555 \$	675 555 \$	0 \$	3,34%
TCO 7GEN - Bornes & Infra & Logiciels	493 260 \$	493 260 \$	0 \$	
TCO 7GEN - Électricité/diesel	152 765 \$	255 729 \$	102 964 \$	
TCO 7GEN - Maintenance et réparation	250 390 \$	250 390 \$	0 \$	
TCO 7GEN - total 5 ans	1 571 970 \$	1 674 934 \$	102 964 \$	
TCO 7GEN - par année	314 394 \$	334 987 \$	20 593 \$	
Nombre de voyages	2 555	2555	0,00 \$	
Coût par voyage	123,05 \$	131,11 \$	8,06 \$	
Coût non-inclus main d'œuvre	109,71 \$	109,71	0,00 \$	
Coût non-inclus immatriculation	1,58 \$	1,58	0,00 \$	
Coût non-inclus assurance	7,14 \$	7,14	0,00 \$	
Total coût par voyage	241,48 \$	249,54 \$	8,06 \$	

4.2.4.3 Sensibilité EV3C - Colombie-Britannique

Dans cette analyse de sensibilité, on compare les résultats du calcul du CTP selon le modèle de 7GEN avec le scénario EV3 – EVaaS. Le Tableau 40 - Analyse sensibilité EV3C - Colombie-Britannique présente les résultats basés sur les données de la Colombie-Britannique.

Tableau 40 - Analyse sensibilité EV3C - Colombie-Britannique

Tirée de l'auteur

Description	Scénario EV3 - EVaaS	Sensibilité EV3C - C.B.	Écart	Variation voyage %
CTP 7GEN - Véhicules	675 555 \$	858 043 \$	182 488 \$	13,27%
CTP 7GEN - Bornes & Infra & Logiciels	493 260 \$	646 500 \$	153 240 \$	
CTP 7GEN - Électricité/diesel	152 765 \$	226 398 \$	73 633 \$	
CTP 7GEN - Maintenance et réparation	250 390 \$	250 390 \$	0 \$	
CTP 7GEN - total 5 ans	1 571 970 \$	1 981 331 \$	409 361 \$	
CTP 7GEN - par année	314 394 \$	396 266 \$	81 872 \$	
Nombre de voyages	2 555	2555	0,00 \$	
Coût par voyage	123,05 \$	155,09 \$	32,04 \$	
Coût non-inclus main d'œuvre	109,71 \$	109,71	0,00 \$	
Coût non-inclus immatriculation	1,58 \$	1,58	0,00 \$	
Coût non-inclus assurance	7,14 \$	7,14	0,00 \$	
Total coût par voyage	241,48 \$	273,52 \$	32,04 \$	

Les paramètres de coût de l'énergie et des subventions pour les camions et l'infrastructure expliquent cette différence. Le prix de l'énergie est plus de 32 % supérieur en Colombie-Britannique alors les aides financières sont de globales inférieures de 270 000 \$. L'écart avec le coût au voyage indique une augmentation de près de 14 %.

4.2.4.4 Sensibilité EV3D - Ontario

Une analyse identique a été produit pour la province de l'Ontario. Les résultats sont présentés dans le Tableau 41 – Analyse sensibilité EV3D – Ontario.

Tableau 41 – Analyse sensibilité EV3D – Ontario

Tirée de l’auteur

Description	Scénario EV3- EVaaS	Sensibilité EV3D - Ontario	Écart	Variation voyage %
CTP 7GEN - Véhicules	675 555 \$	1 101 359 \$	425 804 \$	24,47%
CTP 7GEN - Bornes & Infra & Logiciels	493 260 \$	646 500 \$	153 240 \$	
CTP 7GEN - Électricité/diesel	152 765 \$	328 643 \$	175 878 \$	
CTP 7GEN - Maintenance et réparation	250 390 \$	250 390 \$	0 \$	
CTP 7GEN - total 5 ans	1 571 970 \$	2 326 892 \$	754 922 \$	
CTP 7GEN - par année	314 394 \$	465 378 \$	150 984 \$	
Nombre de voyages	2 555	2555	0,00 \$	
Coût par voyage	123,05 \$	182,14 \$	59,09 \$	
Coût non-inclus main d'œuvre	109,71 \$	109,71	0,00 \$	
Coût non-inclus immatriculation	1,58 \$	1,58	0,00 \$	
Coût non-inclus assurance	7,14 \$	7,14	0,00 \$	
Total coût par voyage	241,48 \$	300,57 \$	59,09 \$	

On constate que l'écart entre le scénario EV3 - EVaaS et l'analyse de sensibilité EV3D – Ontario donne un avantage pour le Québec de 24,47 %. Le tout provient de la différence de plus de 50 % dans la tarification électrique et les aides financières sont inférieures de 470 000 \$ en Ontario.

4.2.4.5 Sensibilité EV3E - Carbone Canada

Le prix du carbone est un élément du CTP qui permet d'avantager le scénario EV3 – EVaaS car on applique une valeur au carbone évitée. Pour le scénario EV3 – EVaaS, l'économie nette carbone calculé avec le modèle de 7GEN est de 1 589 977 kg co² eq. soit la différence entre les GES produits per le diesel et celui produit par l'équipement véhiculaire électrique. La valeur est de 1 665 094 pour le VCI et 75 117 kg co² eq. pour le VÉ.

On a produit deux analyses de sensibilité. La première est basée sur la moyenne cinq ans de la valeur à la tonne des GES selon le gouvernement du Canada. La Figure 32 - Tableau des GES par année – Canada présente le tout. La deuxième est basée sur les données du Québec et de la bourse carbone qui est présentée à la prochaine section.

Année	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Prix minimal de la pollution par le carbone (\$ CA/tonne d'équivalent CO ₂)	65 \$	80 \$	95 \$	110 \$	125 \$	140 \$	155 \$	170 \$

Figure 32 - Tableau des GES par année – Canada

Tirée du site : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/fonctionnement-tarification-pollution/tarification-pollution-carbone-modele-federal-information/modele-federal-2023-2030.html>

La moyenne est de 95 \$ en utilisant les montants de Figure 32 - Tableau des GES par année – Canada. Les résultats sont présentés dans le Tableau 42 - Analyse sensibilité EV3E - Crédit carbone Canada.

Tableau 42 - Analyse sensibilité EV3E - Crédit carbone Canada

Tirée de l'auteur

Description	Scénario EV3 - EVaaS	Sensibilité EV3E - Carbone Canada	Écart	Variation voyage %
CTP 7GEN - Véhicules	675 555 \$	675 555 \$	0 \$	-4,89%
CTP 7GEN - Bornes & Infra & Logiciels	493 260 \$	493 260 \$	0 \$	
CTP 7GEN - Électricité/diesel	152 765 \$	152 765 \$	0 \$	
CTP 7GEN - Maintenance et réparation	250 390 \$	250 390 \$	0 \$	
CTP 7GEN - total 5 ans	1 571 970 \$	1 571 970 \$	0 \$	
CTP 7GEN - par année	314 394 \$	314 394 \$	0 \$	
Nombre de voyages	2 555	2555	0,00 \$	
Coût par voyage	123,05 \$	123,05 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus main d'œuvre	109,71 \$	109,71 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus immatriculation	1,58 \$	1,58 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus assurance	7,14 \$	7,14 \$	0,00 \$	
Crédit carbone	0,00 \$	-11,82 \$	-11,82 \$	
Total coût par voyage	241,48 \$	229,66 \$	-11,82 \$	

Ce scénario accentue l'écart avec le scénario EV3 – EVaaS, soit une réduction de près de 5 %.

4.2.4.6 Sensibilité EV3F - Carbone Québec

Pour l'analyse de sensibilité EV3F, on utilise la valeur d'un crédit selon le programme SPEDE (Québec, 2023a) du gouvernement du Québec qui arrimé avec celui de la Californie. Selon

(Whitmore & Pineau, 2023) dans le rapport sur l'État de l'Énergie au Québec 2023, la valeur de la tonne équivalent serait de 35 \$. Le Tableau 43 - Analyse de sensibilité EV3F - Carbone Québec présente le tout :

Tableau 43 - Analyse de sensibilité EV3F - Carbone Québec

Tirée de l'auteur

Description	Scénario EV3 - EVaaS	Sensibilité EV3F - Carbone Québec	Écart	Variation voyage %
CTP 7GEN - Véhicules	675 555 \$	675 555 \$	0 \$	-1,80%
CTP 7GEN - Bornes & Infra & Logiciels	493 260 \$	493 260 \$	0 \$	
CTP 7GEN - Électricité/diesel	152 765 \$	152 765 \$	0 \$	
CTP 7GEN - Maintenance et réparation	250 390 \$	250 390 \$	0 \$	
CTP 7GEN - total 5 ans	1 571 970 \$	1 571 970 \$	0 \$	
CTP 7GEN - par année	314 394 \$	314 394 \$	0 \$	
Nombre de voyages	2 555	2555	0,00 \$	
Coût par voyage	123,05 \$	123,05 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus main d'œuvre	109,71 \$	109,71 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus immatriculation	1,58 \$	1,58 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus assurance	7,14 \$	7,14 \$	0,00 \$	
Crédit carbone	0,00 \$	-4,35 \$	-4,35 \$	
Total coût par voyage	241,48 \$	237,13 \$	-4,35 \$	

On remarque que l'analyse de sensibilité est aussi avantageuse quand on le compare avec le scénario EV3 -EVaaS car il vient réduire de près de 2 % le coût par voyage.

4.2.4.7 Résumé des scénarios et des analyses de sensibilité

Cette section présente un résumé des divers scénarios présentés et des analyses de sensibilité du scénario EV3 - EVaaS. L'objectif étant de démontrer certaines influences sur le coût par voyage.

Dans un premier temps, voici un rappel des 4 scénarios de référence présenté dans le Tableau 44 - Résumé des scénarios \$/voyage permet de préciser que le scénario EV3 – EVaaS a servi de guide pour les analyses de sensibilité.

Tableau 44 - Résumé des scénarios \$/voyage

Tirée de l'auteur

Description	Coût par voyage
Scénario EV1 - Coût par voyage selon le prix du camion en 2020	209,46 \$
Scénario EV2 - Coût par voyage selon le prix d'un VÉ en 2023 avec 10 % acompte	238,46 \$
Scénario EV3 - Coût du voyage selon le prix d'un VÉ 2023 sans CAPEX	241,48 \$
Scénario EV4 - Coût du voyage selon les données du client-utilisateur	233,75 \$

Pour permettre de juger des impacts sur le scénario EV3 – EVaaS, voici un résumé du coût par voyage des différentes analyses de sensibilité. Le Tableau 45 - Résumé des écarts Scénario EV3 - EVaaS vs sensibilité vient présenter le tout.

Tableau 45 - Résumé des écarts Scénario EV3 - EVaaS vs sensibilité

Tirée de l'auteur

Scénario		\$/voyage	Écart \$	Écart %
EV3	EVaaS	241,48 \$	n/a	n/a
EV3A	Durée 10 ans	301,17 \$	59,69 \$	24,72%
EV3B	Prix kWh - HQ	249,54 \$	8,06 \$	3,34%
EV3C	Prix kWh CB	273,52 \$	32,04 \$	13,27%
EV3D	Prix kWh ONT	300,57 \$	59,09 \$	24,47%
EV3E	Carbone Can	229,66 \$	-11,82 \$	-4,89%
EV3F	Carbone Qc	237,13 \$	-4,35 \$	-1,80%

On peut maintenant établir ce que pourrait être le scénario probable (P) du EVaaS avec les différents paramètres utilisés dans les divers scénarios et analyses de sensibilité. C'est ce que l'on verra dans la prochaine section.

4.2.5 Scénario – Probable EV (EVP)

Cette section présente le scénario probable EVP qui représente le plus fidèlement possible les paramètres qui sont susceptibles de se concrétiser dans le cas présenté dans cette section. Le point de départ ce scénario est le scénario EV3 – EVaaS. Le coût par voyage de ce scénario

étant de 241,48 \$. Les paramètres retenus sont présentés dans Tableau 46 - Paramètres scénario probable.

Tableau 46 - Paramètres scénario probable

Tirée de l'auteur

Paramètres	Valeurs
Taux intérêt - financement	-8 % pour les VÉ et Bornes
Kilomètres	-29 808 km/mois ou 357 700 km/an
Acompte	-0 \$ apparenté au modèle EaaS
Coût pour la maintenance	VÉ =0,14 \$/km
Coût des équipements véhiculaires et infrastructures	-2 VÉ pour 1 190 000 \$ -1 VCI pour 240 000 \$ -2 bornes pour 440 000 \$
Subventions	-Camions VÉ : 150 000 \$ fédéral, 175 000 \$ provincial - Bornes : 60 000\$ par borne
Frais 7GEN	-Inclus pour les véhicules et les infrastructures
Batterie	-Autonomie estimée = 240 kilomètres -400 kWh -Temps de recharge = 2,5 heures -Borne de 180 kW -Borne de 120 kW

Tableau 46 - Paramètres scénario probable – suite

Tiré de l'auteur

Durée	-60 mois -Augmente de 24,72 % le coût du voyage soit de 241,48 \$ à 301,17 \$ -Éviter de dépasser les garanties de base du véhicule -Kilométrage élevé du véhicule dans le mode opérationnel
Prix diesel	-Prix moyen 2022 à 2,091 \$/litre -Scénario conservateur -Situation géopolitique
Prix du carbone	-95\$/ tonne – Pression sur le Québec

En utilisant les paramètres du scénario EVP, le résultat du coût par voyage est de 229,66 \$ tel que le présente le Tableau 47 - Scénario probable – EVaaS. Si on compare ce résultat au scénario du client en réduisant 41,25 \$ de la marge bénéficiaire on obtient un coût par voyage de 233,75 \$. Cela représente un avantage de 4,09 \$ ou près de 1,78 %. Dans le CHAPITRE 6 présentera une perspective de ces résultats ainsi que les limites de ces résultats.

Tableau 47 - Scénario probable – EVaaS

Tiré de l'auteur

Description	Scénario EVP- EVaaS	Scénario - client	Écart	Variation voyage %
Coût par voyage	123,05 \$	275,00 \$	151,95 \$	1,78%
Coût non-inclus main d'œuvre	109,71 \$	0,00 \$	-109,71 \$	
Coût non-inclus immatriculation	1,58 \$	0,00 \$	-1,58 \$	
Coût non-inclus assurance	7,14 \$	0,00 \$	-7,14 \$	
Crédit carbone	-11,82 \$	0,00 \$	11,82 \$	
Marge bénéficiaire	0,00 \$	-41,25 \$	-41,25 \$	
Total coût par voyage	229,66 \$	233,75 \$	4,09 \$	

4.2.6 Comparaison VCI vs VÉ

Pour permettre de mettre le tout en perspective, une comparaison avec un ÉqVéh utilisant le diesel même catégorie est de mise. Cette section présentera une comparaison entre les coûts par voyage pour un VCI pour 3 scénarios. En intégrant deux analyses de sensibilité, on pourra faire une comparaison plus judicieuse des résultats. La prémisse de base étant de comparer la performance du sous-traitant du client avec celle de 7GEN mais aussi de l'industrie. Ces scénarios sont présentés dans le Tableau 48 - Scénarios VCI.

Tableau 48 - Scénarios VCI

Tirée de l'auteur

Scénario	Description
Scénario VCI1 – Diesel 2023 7GEN	-Basé sur le prix d'un camion 2023, même modèle du manufacturier obtenu par 7GEN
Scénario VCI2 – Industrie	-Basé sur les données de ATRI
Scénario VCI3 – Client	-Basé sur données du client provenant de son sous-traitant transport incluant une surcharge de carburant

Pour le scénario VCI1 – Diesel 2023 7GEN a utilisé les données d'un véhicule du même manufacturier et du même modèle. De plus, les données du client sur les coûts d'acquisition du véhicule furent utilisées.

Avant de présenter les résultats des trois scénarios, on introduit à nouveau l'organisme américain « American Transportation Research Institute » (ATRI). Cet organisme existe depuis 1954 et sa mission tel qu'indiqué sur son site internet est de :

« ATRI's primary mission is to conduct transportation research, with an emphasis on the trucking industry's essential role in a safe, efficient and viable transportation system »

(Institute, 2023)

Elle produit annuellement les données sur le coût au mile pour les différentes dépenses associées au transport de marchandises. Dans son étude de 2022, (Alex Leslie & Murray, 2022), on retrouve l'essentiel pour bâtir ce cinquième scénario.

En utilisant les données provenant du Tableau 49 - Coût par mile ATRI , on peut déterminer un coût au kilomètres parcourus en combinant le tout à la distance parcourue par le véhicule du client soit, 140 kilomètres. Le tableau indique un coût de 1,855 \$ par mile parcouru. Cependant, pour utiliser cette donnée, une transformation en dollar canadien et en kilomètres est requise.

Tableau 49 - Coût par mile ATRI

Tirée du document An Analysis of the Operational Costs of Trucking: 2022 Update – ARTI

p.17

Motor Carrier Costs	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Vehicle-based</i>										
Fuel Costs	\$0.641	\$0.645	\$0.583	\$0.403	\$0.336	\$0.368	\$0.433	\$0.384	\$0.308	\$0.417
Truck/Trailer Lease or Purchase Payments	\$0.174	\$0.163	\$0.215	\$0.230	\$0.255	\$0.264	\$0.265	\$0.256	\$0.271	\$0.279
Repair & Maintenance	\$0.138	\$0.148	\$0.158	\$0.156	\$0.166	\$0.167	\$0.171	\$0.149	\$0.148	\$0.175
Truck Insurance Premiums	\$0.063	\$0.064	\$0.071	\$0.074	\$0.075	\$0.075	\$0.084	\$0.071	\$0.087	\$0.086
Permits & Licenses	\$0.022	\$0.026	\$0.019	\$0.019	\$0.022	\$0.023	\$0.024	\$0.020	\$0.016	\$0.016
Tires	\$0.044	\$0.041	\$0.044	\$0.043	\$0.035	\$0.038	\$0.038	\$0.039	\$0.043	\$0.041
Tolls	\$0.019	\$0.019	\$0.023	\$0.020	\$0.024	\$0.027	\$0.030	\$0.035	\$0.037	\$0.032
<i>Driver-based</i>										
Driver Wages	\$0.417	\$0.440	\$0.462	\$0.499	\$0.523	\$0.557	\$0.596	\$0.554	\$0.566	\$0.627
Driver Benefits	\$0.116	\$0.129	\$0.129	\$0.131	\$0.155	\$0.172	\$0.180	\$0.190	\$0.171	\$0.182
TOTAL	\$1.633	\$1.676	\$1.703	\$1.575	\$1.592	\$1.691	\$1.821	\$1.699	\$1.646	\$1.855

En utilisant le taux de l'ARTI, on peut procéder à la transformation. Le Tableau 50 - Coût par voyage scénario présente le tout.

Tableau 50 - Coût par voyage scénario VCI2 – Industrie

Tiré et adapté par l'auteur

Transformation du coût mile parcouru en dollar américain en kilomètre parcouru en dollar canadien		
Données	Valeur	Source
Taux miles ARTI	1,8550	Tableau 7 ARTI 2022 p. 17
Taux km ARTI	1,1522	Facteur de conversion mile en kilomètre (1,61)
Taux de change	1,3429	Taux de change Banque du Canada 28 février 2023
Taux km ARTI en \$ CDN en 2021	1,5473	
Taux inflation 2022	6,80%	https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/230117/cg-b001-fra.htm
Taux inflation 2023	4,30%	https://www.desjardins.com/content/dam/pdf/fr/particuliers/epargne-placements/etudes-economiques/previsions-economiques-financieres-janvier-2023.pdf
Taux km ARTI en \$ CDN en 2022	1,6525	
Taux km ARTI en \$ CDN en 2023	1,7235	
Kilomètres parcourus	140	
Coût voyage 140 km	241,29	

Avec le scénario VCI2 - Industrie on peut maintenant comparer les différents scénarios VCI. Tel que mentionné, le coût par voyage du client (sous-traitant) est de 275 \$ en incluant la marge bénéficiaire de son sous-traitant mais sans surcharge de carburant.

Pour ce faire, des analyses de sensibilité sont requises pour déterminer l'impact sur le coût par voyage. Le Tableau 51 - Sensibilité VCI présente le tout.

Tableau 51 - Sensibilité VCI

Tiré de l'auteur

Sensibilité VCIA – Surcharge carburant	Scénario VCI3 – Client avec une surcharge de carburant de 20 \$, 30 \$ et 40 \$
Sensibilité VCIB – Subvention parité diesel	Scénario parité des coûts entre le scénario EV3 – EVaaS et le VCI1 pour les subventions (simulé avec le modèle 7GEN)

4.2.6.1 Sensibilité 4E - Surcharge de carburant

Dans les dernières années, avec l'augmentation du carburant, les entreprises effectuant du transport de marchandises, ont mis en place des mesures pour gérer les fluctuations. On calcule la différence entre le prix négocié à l'origine du contrat entre le client et le transporteur avec la valeur du carburant au moment du transport. Une formule proposée par le centre de recherche FP Innovations (Innovations, 2022) est :

$$\text{Surcharge (\$)} = \text{km parcourus}/100 \times \text{L}/100 \times (\text{prix-réel-prix taux du transport initial})$$

Pour permettre de déterminer l'impact de ces surcharges, on présente dans les tableaux Tableau 52 - Analyse sensibilité VCIA – Surcharge carburant 20 \$, Tableau 53 - Analyse sensibilité VCIA - Surcharge carburant 30 \$ et le

Tableau 54 - Analyse sensibilité VCIA - surcharge carburant 40 \$ présentent le tout avec trois possibilités, soit 20 \$, 30 \$ ou 40 \$.

Tableau 52 - Analyse sensibilité VCIA – Surcharge carburant 20 \$

Tiré de l'auteur

Description	Scénario VC13- client	Sensibilité VCIA - Surcharge carburant 20 \$	Écart	Variation voyage %
Coût par voyage	275,00 \$	275,00 \$	0,00 \$	8,56%
Coût non-inclus main d'œuvre	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus immatriculation	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus assurance	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Crédit carbone	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Surcharge carburant	0,00 \$	20,00 \$	20,00 \$	
Marge bénéficiaire	-41,25 \$	-41,25 \$	0,00 \$	
Total coût par voyage	233,75 \$	253,75 \$	20,00 \$	

Tableau 53 - Analyse sensibilité VCIA - Surcharge carburant 30 \$

Tiré de l'auteur

Description	Scénario VCI3- client	Sensibilité VCIA - Surcharge carburant 30 \$	Écart	Variation voyage %
Coût par voyage	275,00 \$	275,00 \$	0,00 \$	12,83%
Coût non-inclus main d'œuvre	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus immatriculation	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus assurance	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Crédit carbone	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Surcharge carburant	0,00 \$	30,00 \$	30,00 \$	
Marge bénéficiaire	-41,25 \$	-41,25 \$	0,00 \$	
Total coût par voyage	233,75 \$	263,75 \$	30,00 \$	

Tableau 54 - Analyse sensibilité VCIA - surcharge carburant 40 \$

Tiré de l'auteur

Description	Scénario VCI3- client	Sensibilité VCIA - Surcharge carburant 40 \$	Écart	Variation voyage %
Coût par voyage	275,00 \$	275,00 \$	0,00 \$	17,11%
Coût non-inclus main d'œuvre	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus immatriculation	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Coût non-inclus assurance	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Crédit carbone	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	
Surcharge carburant	0,00 \$	40,00 \$	40,00 \$	
Marge bénéficiaire	-41,25 \$	-41,25 \$	0,00 \$	
Total coût par voyage	233,75 \$	273,75 \$	40,00 \$	

On constate que peu importe la surcharge appliquée, la comparaison avec le scénario VCI3 – client creuse un écart au fur et à mesure que la surcharge augmente. Cela fait en sorte que le scénario EV3 – EVaaS devient encore plus intéressant.

4.2.6.2 Sensibilité VCIB– Subventions camions parité VÉ et VCI

L'analyse de sensibilité cherche à trouver la parité des subventions du scénario EV3 – EVaaS en effectuant des itérations pour déterminer le montant d'aides financières pour les camions VE soit à l'équilibre avec le camion VCI.

Les itérations effectuées permettent de déterminer qu'un montant approximatif de 310 000 \$ pourrait réduire les aides financières pour les camions. Cependant, on devrait considérer de transférer ces sommes vers les infrastructures. Les montants requis pour les infrastructures dans le présent mémoire sont avec subventions de 1 200 \$/kW alors que sans subventions le coût est alors de 1 400 \$/kW. Lors de plusieurs discussions informels avec des gens de l'industrie au Québec, ce montant peut varier entre 1 300 \$ et 1 500 \$ par KW installé.

Ce qu'il faut retenir tant des scénarios VÉ que VCI est la dominance de la performance du coût par voyage lorsqu'on utilise les équipements véhiculaires électriques.

4.3 Simulation statistique

Cette section présente une simulation statistique du scénario P afin de juger l'intervalle de confiance que l'on peut inclure aux résultats précédents. L'utilisation du logiciel STATGRAPHICS a permis de produire une analyse pour déterminer le Coût Annuel Équivalent (CAÉ) actualisé. Cette analyse a permis de déterminer un intervalle de confiance pour le CAÉ.

Pour tester le tout, on utilisera une loi triangulaire en fixant les valeurs intermédiaires sur la base du scénario probable. Le choix de cette loi repose sur la facilité d'utilisation de celle-ci dans un contexte où l'information est peu disponible et permet de poser un constat scientifique sur les résultats. Pour les valeurs inférieures et supérieures, on utilisera des paramètres provenant tant de la littérature ou des analyses de sensibilité. Le Tableau 55 - Variables simulation CAÉ présente les valeurs utilisées pour produire les simulations.

Tableau 55 - Variables simulation CAÉ

Tiré de l'auteur

Limite	Variables							
	Coûts camion	Coûts infras	C_Entr_Annuel	C_Énerg_Annuel	Prix Carbone	Durée contractuelle	PRCT de revente	Taux
Inférieure	230 000 \$	264 000 \$	37 754 \$	30 553 \$	11 130 \$	3	0	5
Intermédiaire	540 000 \$	300 000 \$	58 828 \$	3 569 \$	30 210 \$	5	20	8
Supérieure	790 000 \$	330 000 \$	68 324 \$	51 145 \$	100 583 \$	10	30	12

Les valeurs des variables dans le bloc intermédiaire sont celles du scénario probable présenté à la 4.2.5 Scénario – Probable EV (EVP). Sauf pour PRCT de revente, qui représente le pourcentage possible lors de la revente du ÉqVéhÉ. Le nombre de simulation furent de 10 000 qui varient au minimum à 80 405 \$ et au maximum à 444 887 \$ pour le CAÉ.

La moyenne des CAÉ est de 223 341 \$ avec un écart type de 48 377 \$ comme le démontre le Tableau 56 - Statistiques résumées CAÉ.

Tableau 56 - Statistiques résumées CAÉ

Tiré du logiciel STATGRAPHICS

Statistiques résumées pour CAÉ	
Effectif	10000
Moyenne	223341,
Ecart-type	48377,8
Coef. de variation	21,661%
Minimum	80405,3
Maximum	444887,
Etendue	364482,
Asymétrie std.	20,21
Aplatissement std.	9,13573

L'histogramme est présente une forme approximative d'une loi normale, tel que le présente la Figure 33 - Histogramme des simulations CAÉ.

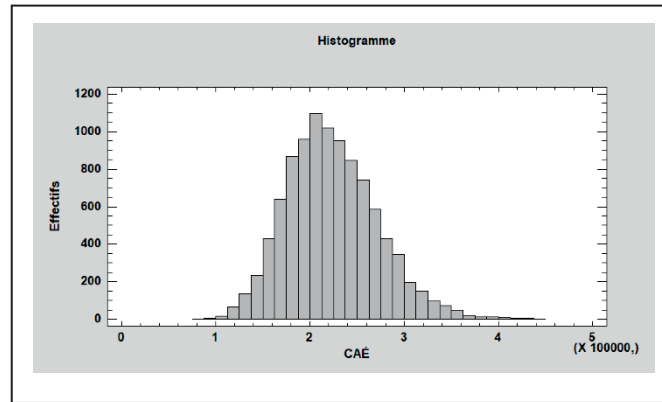


Figure 33 - Histogramme des simulations CAÉ

Tirée du logiciel STATGRAPHICS

Le Tableau 57 – Pourcentage quantiles pour CAÉ présente le positionnement des données du CAÉ avec la correspondance du pourcentage dans les quantiles.

Tableau 57 – Pourcentage quantiles pour CAÉ

Quantiles pour CAÉ	
	Quantiles
1,0%	126563,
5,0%	151575,
10,0%	164872,
25,0%	189045,
50,0%	219348,
75,0%	253775,
90,0%	286779,
95,0%	308023,
99,0%	354562,

Pour ce qui de l'intervalle de confiance de la présente analyse, on a appliqué l'échantillonnage de type « bootstrap ». Le résultat donne un intervalle de confiance de 95 % se situant entre [222 865 \$;223 849 \$] pour la moyenne et de [48 002 \$;48 813\$] pour l'écart type.<Titre>
<Texte à insérer>

CHAPITRE 5

RÉSULTATS – MODÈLE INTÉRIMAIRE

5.1 Scénario Énergir

Ce scénario présente les résultats associés à l'entreprise Énergir afin de valider une méthodologie simplifiée pour procéder aux remplacements de ses ÉV. Cela permettra de compléter les recherches du présent mémoire en présentant une entreprise évoluant entre le modèle traditionnel et le modèle EaaS pur.

Le scénario a consisté à utiliser l'approche NAVFAC pour procéder aux remplacements en utilisant deux données, soit le coût d'entretien à vie sur la valeur de remplacement. La valeur de remplacement étant fixé sur la base de l'âge de l'équipement.

En procédant à cette analyse, on a constaté qu'Énergir se positionnait dans un modèle évoluant vers l'EaaS. En effet, Énergir procède à l'acquisition de programmes d'entretien prépayés pour certains de ses ÉV. On constate aussi que l'achat de garantie prolongée est une stratégie pour optimiser son CTP.

Bien que l'analyse ne fût pas spécifiquement axée sur le modèle EaaS, on a constaté que sans connaître le modèle EaaS, Énergir évoluait vers le modèle pur. Considérant le type de véhicules que possède Énergir, une analyse tel que présentée dans la section précédente n'était pas possible. Ce constat repose sur la conception des véhicules dont la valeur de l'aménagement surpasse souvent la valeur intrinsèque du véhicule.

5.1.1 Description d'Énergir

L'entreprise Énergir est une entreprise réglementée qui distribue du gaz naturel avec 9 milliards de dollars d'actifs qui dessert la province de Québec en gaz naturel pour 97 % des besoins pour cette forme d'énergie. Elle a diversifié ses activités au Québec avec une participation dans la production d'électricité éolienne.

On la retrouve au sud, avec la distribution du gaz naturel dans l'état du Vermont et assume la production et la distribution d'électricité via « Green Mountain Power ».

5.1.2 Mode opérationnel

Le service responsable de la gestion de la flotte assume l'intégralité des fonctions relié à la gestion d'un parc de ÉqVéh. Ce service assume les fonctions de maintien des actifs, du contrôle budgétaire, d'expertise & conseils et de la gouvernance & conformité. Le tout pour soutenir les activités d'affaires de l'entreprise.

On compte près de 700 équipements roulants dont approximativement 350 dans la catégorie fourgonnettes (classe 2), ce qui représente près de 50 %. C'est cette catégorie dont cette section traitera. Ces fourgonnettes servent fondamentalement au personnel assumant l'entretien du réseau de gaz naturel au Québec. Pour cette catégorie, Énergir se procure des services d'entretien prépayés pour les véhicules dont elle n'assume l'entretien directement dans ses ateliers.

Ces services, permettent de bénéficier, pour un montant fixé lors de l'acquisition du véhicule un forfait prépayé. On retrouve dans le forfait, les services d'entretien préventif ainsi que le remplacement de certaines composantes mécaniques. Parmi ces pièces, on peut mentionner les disques des freins, les plaquettes de freins et les essuie-glaces. Cette initiative permet de positionner leur modèle d'affaires comme étant à mi-chemin avec le modèle EaaS comme la montre la Figure 38 - 7GEN - Échelle Deloitte.

5.1.3 Description des fourgonnettes

L'inventaire des véhicules est consigné dans le module « Preventive Maintenance » ou PM dans le système de gestion intégré SAP. Cela a permis d'identifier un inventaire de 1703 véhicules toutes catégories confondues. De ce nombre 455 fourgonnettes vendus au cours des années furent retenues pour fins d'analyse. La répartition des fourgonnettes par année modèle est présenté à la Figure 34 - Répartition des fourgonnettes par année Énergir.

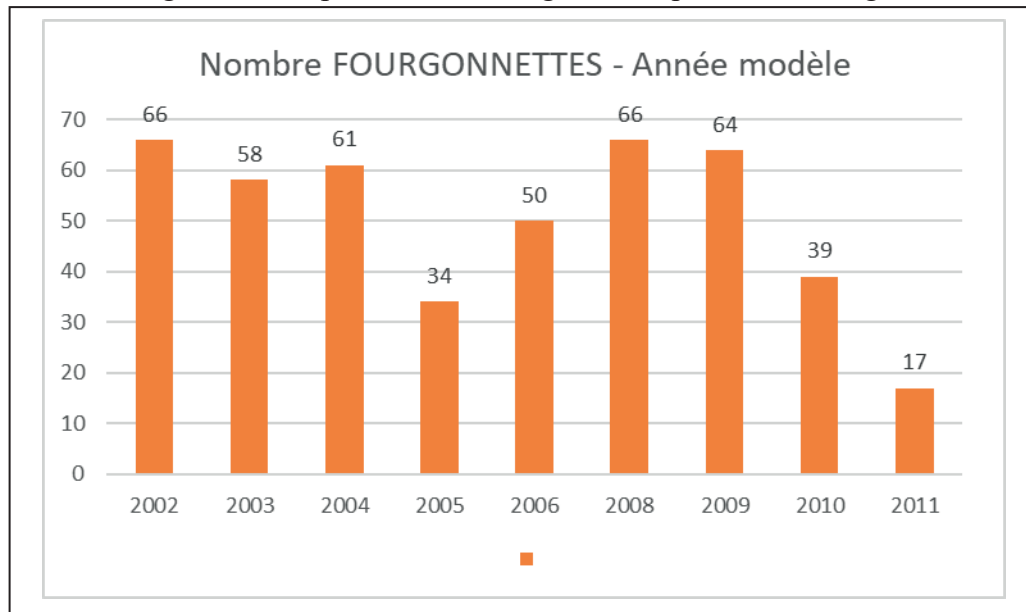


Figure 34 - Répartition des fourgonnettes par année Énergir

Pour le besoin du mémoire, c'est la catégorie fourgonnettes qui fut retenus puisqu'elles représentent plus de 50 % de l'inventaire. La totalité des fourgonnettes proviennent du même manufacturier.

On se doit de souligner que toutes les fourgonnettes furent aménagées selon les besoins opérationnels de l'organisation. En générale, le coût de l'aménagement est supérieur au coût intrinsèque du véhicule. Comme mentionné précédemment, le choix pour étudier le modèle EaaS repose sur un véhicule ne requérant pas d'ajouts substantiels.

5.1.4 Méthodologie

L'objectif de l'étude étant de démontrer si la grille produite par la NAVFAC pourrait être utilisée par Énergir pour ses camionnettes. Pour ce faire, une analyse détaillée était requise sur les véhicules vendus lors des années.

On se devait de déterminer le coût d'acquisition du véhicule au moment de son achat. Cette donnée essentielle pour fins de comparaison puisque le modèle de la NAVFAC repose sur cette donnée. En plus de cette donnée, il faut déterminer l'entretien cumulative à vie pour ainsi la comparer.

Dans un premier temps, les données de l'inventaire furent extraites du module PM de SAP chez Énergir. Pour déterminer l'ampleur de la recherche, une analyse détaillée a permis d'identifier 455 fourgonnettes pertinentes à l'objectif recherché.

Pour déterminer les coûts d'entretien, on a traité les ordres de travail sur les 455 fourgonnettes afin de dégager les coûts associés à l'entretien. Cependant, une portion importante du budget d'opération n'était pas directement imputée sur les ordres. Donc, une évaluation spécifique à ces sommes fut requise. Ne pouvant pas attribuer les sommes directement aux fourgonnettes, l'utilisation de la notion de véhicules équivalents fut introduite. La valeur utilisée pour déterminer le pourcentage associé aux dépenses non-incluses sur les ordres de travail provient d'un balisage dont Énergir a participé dans le passé. Les valeurs des véhicules équivalents reposent sur une grille de véhicules équivalents développée par l'association NAFA.

Pour permettre de faire une comparaison avec la grille NAVAC, une sommation des coûts d'entretien sur ordre de travail plus les coûts d'entretien non-imputés sur des ordres de travail fut faite. Cela pour chaque année modèle des fourgonnettes vendues.

Les données furent alors réparties selon la durée de vie réelle de chaque fourgonnette selon l'année modèle. En utilisant la grille de la NAVFAC Tableau A VI - Grille NAFVAC, on

pouvait alors comparer la performance du modèle de la NAVFAC avec les résultats observés chez Énergir.

5.1.5 Données

Dans le cadre de cette analyse, plus de 285 000 lignes de données furent analysées. Ces données sont l'inventaire des véhicules, les ordres de travail, les lectures des odomètres et les coûts non imputés sur les ordres de travail. On retrouve plus de détails à la Figure 35 - Données Énergir.

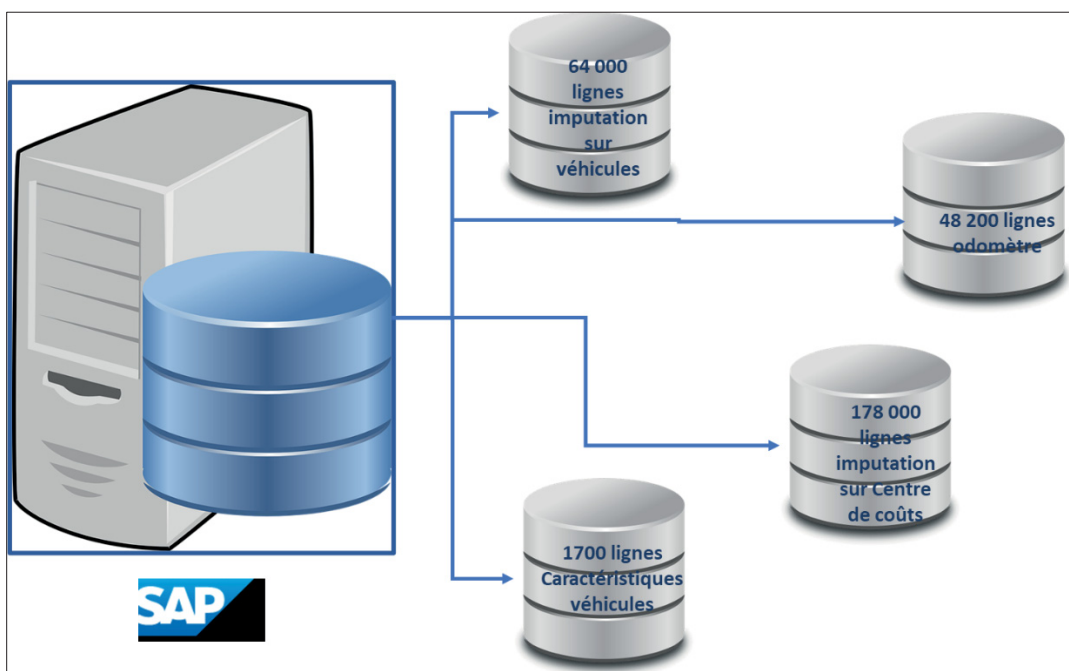


Figure 35 - Données Énergir

5.1.6 Résultats

Les résultats obtenus ne permettent pas de conclure que l'on peut intégrer la grille de la NAVFAC. L'écart moyen sur les années observés est de 5 %. Cependant on remarque dans le

2005 et 2006 sont excessivement loin de la moyenne. Quant aux années 2002 et 2003 on peut attribuer cet écart à l'implantation du module PM de SAP intervenue en 2000. Les résultats sont présentés au Tableau 58 - Résultats analyse Énergir.

Tableau 58 - Résultats analyse Énergir

Évolution des coûts moyen d'entretien					
Année	Nbres	Ordres	CC	total	Écart
2002	66	11 023	9 272	20 295	-22%
2003	58	12 661	8 231	20 892	-19%
2004	61	14 358	10 977	25 336	1%
2005	34	19 748	19 453	39 200	22%
2006	50	20 493	12 800	33 292	16%
2008	66	17 327	8 912	26 239	-9%
2009	64	15 656	11 470	27 126	0%
2010	39	16 477	17 684	34 162	0%
2011	17	18 464	54 223	72 687	52%
Moyenne	455	16 245	17 002	33 248	5%

Ce que les résultats indique qu'il y a une grande variation d'une année à l'autre. Une recherche spécifique sur les ordres de travail des années déficientes ne permet de conclure à une tendance ou permet d'expliquer ces écarts. On a vérifié si les dépenses associées à l'année modèle versus l'ordre de travail pourraient expliquer le tout.

5.2 Limite du modèle

Considérant le tout, il est évident que l'intégrité des données pourrait expliquer un tel écart entre les années observés. Cependant dans les dernières années des efforts d'Énergir dans la mise en place de contrôle sur la captation des données, devraient alors améliorer l'intégrité.

Une nouvelle analyse pourrait alors être faite avec les fourgonnettes vendues dans les années récentes.

Un lien intéressant peut être fait avec le modèle EaaS car dans son écosystème, on doit avoir une intégrité des données pour mesurer la performance d'ÉqVÉh. pour effectuer le paiement à l'utilisation.

CHAPITRE 6

DISCUSSIONS

L'objectif fondamental du présent mémoire était de démontrer si le modèle d'affaires EaaS pouvait être utilisé par les ÉqVéhÉ. Le contexte étant que peu de littérature scientifique sur le EaaS avec un angle sur les ÉqVéh était disponible. Pour évaluer le tout, un client a accepté de fournir ses données réelles d'utilisation. En combinant les données à un outil d'analyse économique, soit un Analyse des Coûts du Cycle de Vie (ACCV), provenant d'une jeune pousse, 7GEN, une évaluation des coûts totaux d'utilisation furent produite.

Un autre aspect du mémoire était le lien à faire avec l'empreinte environnementale des ÉqVéh. Tel que mentionné, la croissance des GES depuis 1990 est de 193% pour le Québec et de 227% pour le Canada pour le transport routier. L'idée du mémoire était aussi de proposer une alternative au mode d'acquisition actuelle pour les ÉqVéh afin de favoriser la transition énergétique.

Pour mieux saisir les résultats, un retour sur les articles de la littérature permet de tirer certaines conclusions favorables au modèle EaaS. Dans un deuxième temps, on regardera les résultats de l'analyse avec les données réelles.

6.1 La littérature

Pour arriver à démontrer le bien fondé du modèle, la littérature indique que pour des équipements manufacturiers, le fabricant peut proposer le EaaS comme solution d'affaires.

De tous les articles cités dans la section 1.4.2 Littératures sur le EaaS, deux apparaissent comme utiles dans la discussion. En combinant le tout à de la littérature complémentaire du CHAPITRE 2, on peut alors établir certaines conditions de réussite. Certaines mises en garde pour la communauté des ÉqVéh sont cependant requises.

Dans la littérature scientifique les articles de (Kastalli & Van Looy, 2013) et (Gebauer et al., 2005) sont celles qui permettent d'apparenter le modèle EaaS avec ÉqVéh. À cela on peut ajouter (Lah, 2021) avec son modèle appelé en anglais « The Fish model ».

L'article de (Kastalli & Van Looy, 2013) intitulé « Servitization: Disentangling the impact of service business model innovation on manufacturing firm performance » cherche à clarifier la notion de la servicisation. L'analyse économique donne raison aux auteurs puisque :

- 1) Pour chaque euro en vente de produits, on peut générer 0,86 euro en service
- 2) Pour chaque euro en vente de service, on génère 1,50 euro en produit

Cependant, on se doit de souligner que les analyses furent faites pour des équipements manufacturiers. L'analyse repose sur les données de sept années de l'entreprise Atlas Copco. Ce manufacturier produit des compresseurs dont les prix varient de 50 000 -100 000 euros. Les revenus étaient de 3,2 milliards d'euros en 2007. L'étude voulait mesurer la relation entre les revenus générés en service versus la profitabilité de l'entreprise.

Dans leurs analyses, les auteurs présentent une courbe indiquant l'évolution de la profitabilité d'une entreprise s'engageant dans la vente de service, comme le EaaS. La Figure 36 - Courbe Service vs profitabilité Kastelli & Van Looy adaptée, indique les pourcentages menant à la vente de services versus la profitabilité de l'entreprise. On constate deux points d'inflexion qui sont particulièrement intéressants. Le premier est approximativement à 25 %. Ce point selon les auteurs, correspond au moment où les dirigeants d'une organisation devraient investir pour poursuivre la route vers la vente de services. De zéro à approximativement 25 %, la route est

relativement facile car on ne doit pas procéder à des investissements majeurs pour la vente de services.

Lorsque l'on atteint ce 25 %, il faut alors investir en ressources humaines et matérielles pour se diriger vers approximativement le 60 %. Ce pourcentage correspond au deuxième point d'inflexion. Entre le 25 % et le 60 %, les besoins sont plus grands. On doit procéder à l'embauche de personnel tant techniques que qu'administratif. Des investissements en solutions technologiques pour opérer le changement du modèle d'affaires seront aussi requis.

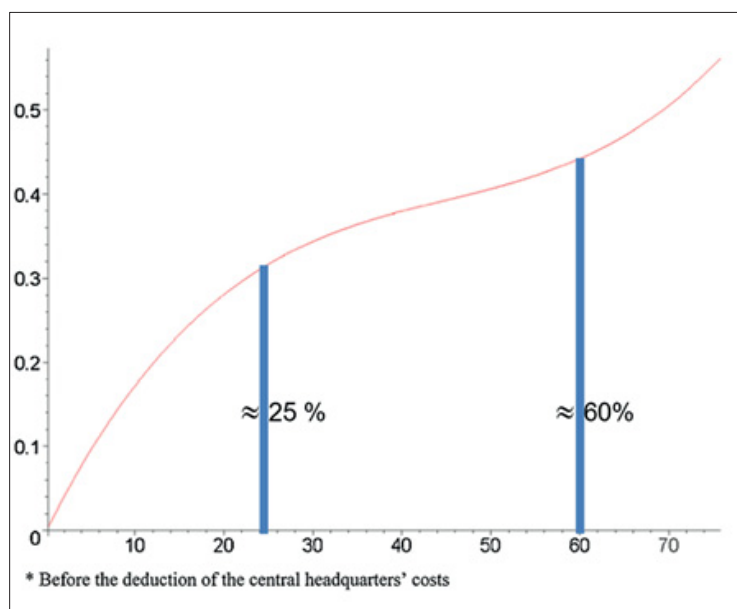


Figure 36 - Courbe Service vs profitabilité Kastelli & Van Looy adaptée

Tiré de Kastelli & Looy (2013, p.176)

À ce stade, on peut faire le lien avec un deuxième article, soit celui de (Gebauer et al., 2005) qui traite du paradoxe du service. Ce paradoxe est aussi mentionné dans l'article de (Kastalli & Van Looy, 2013).

Selon (Gebauer et al., 2005) pour passer outre le syndrome du paradoxe du service, il faut :

- 1) Que les hauts dirigeants assument un fort leadership et qu'ils soient motivés

- 2) Que l'entreprise doit faire une démonstration tangible du modèle de ventes de services
- 3) Que la démonstration inclue l'aspect économique
- 4) Que l'entreprise focusse sur les créneaux de services les plus rentables, ceux à valeur ajoutée
- 5) Que l'entreprise gère l'aversion du risque associée à la transition
- 6) Que l'entreprise définisse une stratégie claire en matière de revenus générés par les services
- 7) Que l'entreprise développe une culture du service

La transition entre le modèle d'affaires traditionnels vers un modèle de ventes de services, comme le veut le EaaS, exige de le préparer adéquatement. Les risques inhérents sont nombreux et un plan de gestion du changement devrait être élaboré.

Les résultats de (Gebauer et al., 2005) repose sur une analyse d'une trentaine de manufacturiers d'équipements. Selon les résultats d'une entreprise spécifique on a constaté qu'une corrélation entre l'augmentation des revenus en service avait un impact direct sur la marge bénéficiaire. Sur une période de 12 ans, la proportion des revenus en services sont passés de 8 à 20 % alors que la marge bénéficiaire a évolué de 4 à 14 %

Cependant, ce résultat s'applique pour une seule organisation de l'échantillon. Une analyse détaillée sur l'échantillon de 199 entreprises indique cette corrélation divergente. Le résultat est que près de 85 % des entreprises de l'échantillon n'ont pas franchi le seuil du 30 %

Dans la route menant au EaaS, des risques financiers sont inévitables. L'article de (Lah, 2021), indique que les revenus seront à la baisse et que les dépenses iront vers la hausse. Son « Fish Model » l'indique bien. Selon la durée de la transition, on peut affirmer que la totalité ou certaines mises en garde de (Gebauer et al., 2005) sur le paradoxe du service s'y retrouve. La Figure 37 - Fish model vs Paradoxe du service est une adaptation du modèle de (Lah, 2021) en juxtaposant le paradoxe du service.

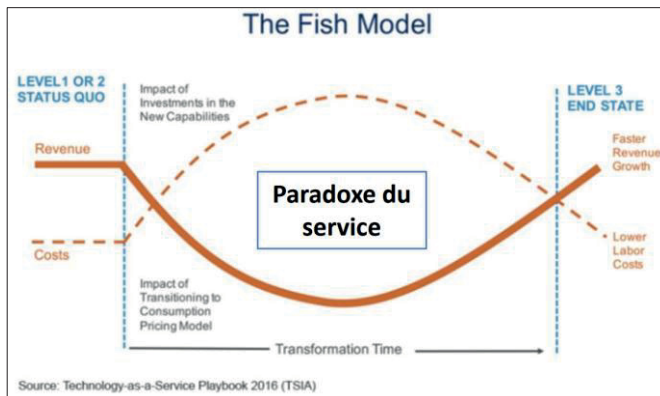


Figure 37 - Fish model vs Paradoxe du service

Tirée et adaptée de l'article « What Is the Fish Model? » (Lah,2022)

Ces trois articles indiquent à que l'on peut utiliser le modèle EaaS dans le domaine des équipements manufacturiers. Des mises en garde toutefois proposées pour évoluer de la vente traditionnelle d'un produit vers la vente de services pour une organisation. La constante étant que la transition exigera des investissements importants afin de matérialiser le modèle. Ce qui guette l'organisation est évidemment les enjeux financiers mais c'est avant tout une affaire de leadership au sein d'une entreprise qui donnera les résultats attendus.

En appui à la littérature scientifique, de la littérature complémentaire vient aussi indiquer de la profitabilité du modèle. Deloitte (Deloitte, 2021) mentionne de la possibilité de généré des profits d'un peu plus de 20 % dans le modèle traditionnel pour un manufacturier.

Une autre firme spécialisée Bain and Company (Burton et al., 2019) indique qu'un manufacturier peut générer 25 % plus de revenus en déployant le modèle d'affaires EaaS. Le client n'est pas en reste puisque ses dépenses d'opérations devraient diminuer de 15 %.

Pour tenter de déterminer si le modèle EaaS peut s'appliquer aux ÉqVéh, une analyse de cas réel a été réalisée. Cette analyse est le fruit d'une collaboration entre une jeune pousse, 7GEN et un client (sous-traitant) qui œuvre au Québec. Dans le CHAPITRE 4, ont effectué d'analyse sur plusieurs scénarios. La section 6.2 Les résultats initie la discussion.

6.2 Les résultats

On se doit de mentionner dès le départ que 7GEN n'est pas un manufacturier d'ÉqVÉh mais plutôt un intégrateur de services pour la transition énergétique en cours. 7GEN présente une offre de service couvrant la totalité des besoins pour un client voulant acquérir des ÉqVÉh. Quoique que l'on présente l'entreprise comme étant axé sur le modèle d'affaires EVaaS, elle offre plutôt un tarification mensuelle sans égard directe à l'utilisation. Néanmoins, 7GEN se veut une jeune pousse voulant faire progresser la transition énergétique au Canada, particulièrement au Québec et en Colombie-Britannique.

En utilisant l'échelle de Deloitte, on peut positionner 7GEN à la frontière entre le niveau 4 digitalisation avancée/offre de services pour l'entretien et le niveau 5 pur EaaS. La Figure 38 - 7GEN - Échelle Deloitte présente le tout.

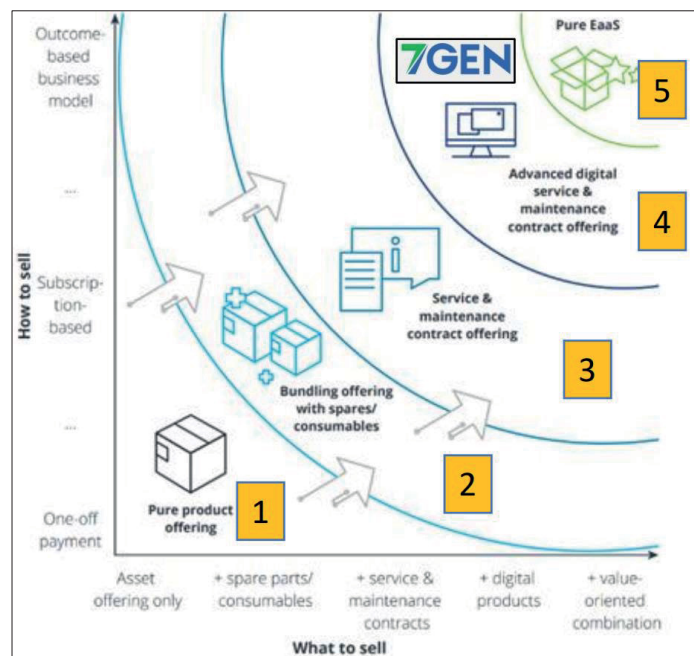


Figure 38 - 7GEN - Échelle Deloitte

Tirée et adapté de (Deloitte 2021 p. 6)

Considérant le positionnement de 7GEN, la décision de présenter les résultats par un coût par voyage donnait un sens au modèle EaaS. Ce modèle cherche à proposer aux clients une facturation à l'utilisation. Le client ne fait que déboursier pour les voyages rendus par son sous-traitant.

Les résultats obtenus par voyage indiquent un léger écart favorable pour le scénario probable (EVP), soit 1,78 % voir le Tableau 47 - Scénario probable – EVaaS. Cependant on se doit de mentionner que les résultats obtenus sont pour une route spécifique, un mode opérationnel du client et avec des ÉqVéhÉ spécifiques.

Ces résultats doivent être mis en contexte. Le trajet utilisé est avantageux pour les déplacements. Le parcours est relativement simple, exempt de dénivellation importante, utilise des axes autoroutiers dans la grande majorité du temps. Les charges des remorques sont relativement basses car le poids des produits transportés est faible avec un grand volume d'espace.

Un autre élément qui favorise le déploiement des ÉqVéh chez le client est la tarification d'Hydro-Québec. Le client bénéficie du tarif grande puissance, ce qui l'avantage si on le compare avec des clients ayant une puissance différente. En utilisant un client avec une puissance de 1000 kW l'écart est de 8,66 % lorsque l'on compare avec le scénario EVP qui est 1,78 %.

L'impact du carburant sur le montant facturé par le sous-traitant aura assurément un impact sur le coût par voyage. À terme, le coût par voyage devrait diminuer afin de refléter le coût réel de l'énergie sur la tarification du sous-traitant. La surcharge de carburant devrait aussi disparaître et ainsi favoriser le client, donc le modèle EVaaS.

Le coût du carbone peut aussi influencer le résultat. Le crédit est soumis à une bourse avec tout ce que comporte les hauts et les bas. On pourra voir des fluctuations importantes à moyen long terme. Des acheteurs devraient être actifs dans le court terme. Selon la province, la valeur des

crédits peuvent varier de façon importante. Au Canada, le montant actuellement établi est de 80 \$/tonne alors que ce montant est de 35 \$ au Québec.

Un aspect non-négligeable qui ne fut pas adressé, est la notion de risque financier associé à la proposition de 7GEN. Cependant, on peut émettre l'hypothèse que 7GEN adresse le tout dans la tarification du client.

L'offre de 7GEN, ne propose pas le coût par voyage tel que présenté dans la section 4.2 Résultats modèle EVaaS dans son offre. Pour se faire, 7GEN devrait son modèle actuel pour établir un modèle pur d'EVaaS.

Certaines données n'ont pu être vérifiées auprès des participants pour des raisons de confidentialité. Les parties sont dans un monde compétitif et ne veulent pas donner aux concurrents leurs avantages actuels.

Ce qui peut permettre de juger le tout est aussi qu'aucun manufacturier nord-américain propose officiellement le modèle. Les manufacturiers offrent cependant des modèles apparentés comme le Lion le propose ainsi que Volvo. Les discussions avec certains manufacturiers indiquent que l'on a peu entendu parler du modèle et que l'on juge que le marché n'est pas mur pour le EaaS.

Cependant certain manufacturier européen l'offre déjà, dont un qui est actuellement en démarchage aux États-Unis pour explorer le tout. On peut aussi identifier Daimler qui a introduit le modèle EaaS comme projet pilote en 2019.

Les manufacturiers établis depuis plusieurs années sont plus vulnérables financièrement que les jeunes-pousses qui sont créés spécifiquement une activité précise. À titre d'exemple, on peut mentionner les cas de 7GEN, Volta Trucks ou Hylico qui sont en affaires depuis quelques temps en proposant une solution différente des manufacturiers traditionnels. La venue de Volta Trucks a été annoncée dans le cadre de « Advance Clean Transportation » en mai 2023. Un projet pilote se tiendra aux États-Unis. Cela pourrait inciter certains manufacturiers à

développer le modèle EVaaS. En utilisant l'échelle de Deloitte, on peut affirmer que Volta Trucks et Hylico sont au niveau 5.

Le risque financier pour les manufacturiers traditionnels est accru puisqu'ils doivent répondre à actionnaires et créanciers souvent différents que les jeunes pousses. Ces dernières font souvent appel à du capital de risque, les aides gouvernementales, des fonds privés ou des banques spécialisées. Les manufacturiers traditionnels doivent poursuivre leurs activités de vente de camions VCI, de pièces et de service sans se mettre à risque financier. Pour effectuer la transition vers le EaaS, de bons échanges avec les investisseurs et créanciers seront alors requis. De plus, le débat entre les ÉqVéhÉ et le EqVéhH n'est pas encore terminé. Actuellement, la majorité des manufacturiers traditionnels développent les deux créneaux.

De plus, même si on prévoit que le CTP sera éventuellement à l'équilibre entre le ÉqVéhÉ et le ÉqVéhVCI, la démonstration n'est pas encore faite dans la pratique sur une grande échelle. Cela est particulièrement vrai pour les camions lourds. Les aides financières gouvernementales sont disponibles mais pour combien d'années. On trouve aussi des limites annuelles. Pour le Québec le montant d'aides financières est limité à 1 million par année civile. Un parc ayant plusieurs centaines ÉqVéhÉ devront planifier le remplacement selon un calendrier précis. Cela exigera une excellente planification mais une vision de la transition énergétique dans les organisations comptant sur une quantité importante d'ÉqVéh.

Les données requises pour assurer une utilisation efficace ne posent pas un souci important puisque la digitalisation des données est déjà présente tant pour les ÉqVéh que pour les bornes de recharge. Certains fournisseurs proposent même des applications permettant de déterminer le moment de procéder à une recharge. Ces applications sont intégrées dans la logistique pour le transport de marchandises.

L'analyse des résultats permet de conclure que le modèle d'affaires EaaS peut contribuer à l'essor des ÉqVéh. Tant la littérature que les résultats économiques sur un cas réel le démontrent. Cependant, des mises en garde sur le déploiement sont toutefois à considérer. Les

résultats sont applicables à un mode opérationnel spécifique et ne peuvent être extrapolés à l'ensemble des ÉqVéhÉ.

CHAPITRE 7

FUTUR

Ce mémoire ne pouvait répondre sur la base de littérature scientifique sur la rentabilité du modèle EaaS pour la communauté des ÉqVéh, particulièrement pour ceux utilisant les batteries. Plusieurs recherches devront être faites pour s'assurer de la performance financière du modèle.

Cependant, la littérature nous a confirmé que nous pouvions avoir de l'espoir suite aux diverses articles sur EaaS pour les équipements manufacturiers. Les articles ne traitaient pas directement du modèle mais le contenu s'apparentant fortement.

Une étude intéressante que l'on pourrait mener est d'utiliser la norme ISO 14040:2006 Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre (Marsmann, 2000) pour évaluer du berceau à la tombe le modèle EaaS pour les équipements véhiculaires, particulièrement pour les batteries et l'hydrogène.

Une autre aspect qui mérite d'être compris est l'absence actuelle des manufacturiers traditionnels pour le modèle, particulièrement en Amérique du Nord. L'Europe étant actuellement en avance dans la commercialisation de ses ÉqVéh via l'EaaS. Cette situation devrait mettre de la pression sur les manufacturiers nord-américains.

Les équipements véhiculaires dont l'aménagement requiert plusieurs équipements embarqués, comme les villes, les utilités publiques, les entreprises de réseaux de communications et tous cette catégorie d'ÉqVéh devraient aussi être éventuellement étudiés.

Le système d'innovations au Québec pourrait être un catalyseur de ces différentes études. Des résultats technologiques intéressants furent obtenus grâce au système. On peut citer le cas des autobus scolaire électriques de Lion qui ont vu le jour pour donner suite au projet mené

conjointement avec l'Institut des Véhicules Innovants (IVI). Des études sur de la recherche appliquée du modèle pourrait permettre de le démocratiser pour les gestionnaires de parc d'équipements véhiculaires.

Des changements importants surviendront avec la transition énergétique, nous sommes seulement au début. Une stratégie de communication nationale devrait être développée par les instances gouvernementales. On parle beaucoup d'énergie mais une vulgarisation est nécessaire pour l'ensemble de la population. Les changements seront majeurs, le déploiement d'une gestion du changement serait dès plus bénéficiaire pour la société. Un suivi de la courbe d'adoption « change adoption curve » (solutions, 2023) serait un atout pertinent. Cela permettre de mesurer l'acceptation des changements.

L'interchangeabilité des batteries pourrait permettre de réduire les délais de recharge en déployant des stations-services de batteries. Certaines études (Tahara et al., 2020) permettre d'étudier cette option. Des recherches pourraient évaluer le modèle plus en détails dans un vision d'EaaS. On pourrait réfléchir de la standardisation des batteries pour faciliter leurs deuxième vie.

CONCLUSION

Les défis sont avant tout avec la transition énergétique tant, particulièrement pour les ÉqVéh au Québec. Dans ce contexte, on se doit d'innover. L'approche proposée, quoique déjà utilisée pour les équipements manufacturiers, pourrait certainement être considérée. Les européens semble avoir déterminé que l'idée mérite de l'utiliser puisque l'on retrouve des manufacturiers qui commercialise le TaaS. Un engouement pour le modèle est certainement à mentionner.

Un aspect de l'apprentissage lors de la rédaction du mémoire est de s'assurer de bien comprendre les grilles tarifaires des utilités publiques. Cette connaissance est essentielle pour bien évaluer le tarif qu'une entreprise se verra proposer.

Avant la discussions sur la transition énergétique, on parlait peu des ÉqVéh, depuis c'est un peu le sujet des dernières années. Ce mémoire cherche à mieux faire connaître cette communauté qui était souvent dans l'ombre dans une organisation. Une meilleur offre académique est à considérer pour cette fonction.

D'autre part, le modèle EaaS a un autre atout, soit de celui de s'attaquer à la conception même de l'équipement. En intégrant une meilleure conception, performance de l'équipement oblige, la durée de vie ne sera qu'améliorer. Les composantes mécaniques seront coincées en conséquence et seront rebutées moins rapidement.

On se doit de mentionner que les échanges avec 7GEN et le client a permis d'évaluer des opportunités d'affaires entre les deux participants au mémoire.

Finalement, une dépendance a été développé avec le pétrole, la prochaine dépendance pourrait bien être l'électricité.

ANNEXE I

INVENTAIRE DES ÉMISSIONS GES AU QUÉBEC, 2019 (kt éq. CO)

Tableau A I GES Québec

Tiré de Tableau A11-10: : Sommaire des émissions de gaz à effet de serre pour le Québec,
1990-2019

Catégories de gaz à effet de serre		1990	2019	
		kt d'éq. CO ₂		
TOTAL		86 371	83 698	
ÉNERGIE		57 849	58 494	
a.	Sources de combustion fixes	30 288	21 649	
	Production de chaleur et d'électricité du secteur public	1 492	234	
	Industries de raffinage du pétrole	3 461	1 816	
	Extraction de pétrole et de gaz	-	-	
	Exploitation minière	824	1 484	
	Industries manufacturières	12 281	8 796	
	Construction	458	405	
	Commercial et institutionnel	4 413	5 056	
	Résidentiel	7 067	3 386	
	Agriculture et foresterie	291	473	
b.	Transports^a	27 134	36 518	43,63%
	Transport aérien	952	896	
	Transport routier	18 116	29 002	79,42%
	Véhicules légers à essence	10 649	8 806	
	Camions légers à essence	3 580	9 127	
	Véhicules lourds à essence	785	2 035	7,02%
	Motocyclettes	17	72	
	Véhicules légers à moteur diesel	210	172	
	Camions légers à moteur diesel	57	241	
	Véhicules lourds à moteur diesel	2 817	8 549	29,48%
	Véhicules au propane et au gaz naturel	2	0,11	
	Transport ferroviaire	567	639	
	Transport maritime	699	1 097	
	Autres moyens de transport	6 801	4 884	
	Véhicules hors route : Agriculture et foresterie	999	686	
	Véhicules hors route : Commercial et institutionnel	359	891	
	Véhicules hors route : Fabrication, mines et construction	2 031	2 019	
	Véhicules hors route : Résidentiel	61	239	
	Véhicules hors route : Autres	3 325	948	
	Transport par pipeline	26	100	

ANNEXE II

ÉMISSIONS DE GES AU CANADA PAR SECTEUR DU GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTALES SUR L'ÉVALUATION DU CLIMAT (1990-2019)

Tableau A II - GES Canada 2019

Tirée Tableau A9-2: Émissions canadiennes de gaz à effet de serre par secteur du GIEC,
1990-2019

Catégories de gaz à effet de serre	1990	2019	
	kt d'éq. CO ₂		
TOTAL^a	601 524	730 245	
ÉNERGIE	471 560	589 288	
a. Sources de combustion fixes	277 722	318 670	
Production de chaleur et d'électricité du :	94 519	68 632	
Industries de raffinage du pétrole	17 360	14 702	
Extraction de pétrole et de gaz	30 758	104 913	
Exploitation minière	4 653	6 419	
Industries manufacturières	56 164	42 351	
Sidérurgie	4 946	5 966	
Métaux non ferreux	3 311	2 832	
Produits chimiques	8 263	9 423	
Pâtes et papiers	14 486	7 311	
Ciment	3 974	4 217	
Autres industries manufacturières	21 184	12 601	
Construction	1 881	1 363	
Commercial et institutionnel	26 216	34 392	
Résidentiel	43 762	42 209	
Agriculture et foresterie	2 408	3 690	
b. Transports^b	144 881	216 770	29,68%
Transport aérien	7 514	8 540	
Transport aérien intérieur (civil)	7 281	8 299	
Militaire	233	241	
Transport routier	83 769	153 110	70,63%
Véhicules légers à essence	41 597	32 377	
Camions légers à essence	20 333	53 054	
Véhicules lourds à essence	6 320	13 545	8,85%
Motos	90	298	
Véhicules légers à moteur diesel	467	779	
Camions légers à moteur diesel	153	1 205	
Véhicules lourds à moteur diesel	13 647	51 842	33,86%
Véhicules au propane ou au gaz naturel	1 162	10	
Transport ferroviaire	6 918	7 703	
Transport maritime	3 074	4 358	
Transport maritime intérieur	2 171	4 069	
Pêches	875	215	
Transport maritime militaire	28	74	
Autres moyens de transport	43 606	43 059	
Véhicules hors route : Agriculture et fores	9 043	11 216	
Véhicules hors route : Commercial et inst	1 525	2 957	
Véhicules hors route : Fabrication, mines	9 155	14 298	
Véhicules hors route : Résidentiel	241	1 242	
Véhicules hors route : Autres	16 738	5 051	
Transport par pipeline	6 905	8 294	

ANNEXE III

NOMBRE DE VÉHICULES EN CIRCULATION SELON LE TYPE D'UTILISATION, LE TYPE DE VÉHICULE ET L'ÂGE DU VÉHICULE, QUÉBEC ET RÉGIONS ADMINISTRATIVES

Tableau A III - Nombres de véhicules en circulation
Tirée de la Banque de données des statistiques officielles sur le Québec

Nombre de véhicules en circulation selon le type d'utilisation, le type de véhicule		
Âge du véhicule : Total (Âge du véhicule)		
Région administrative : Ensemble du Québec		
Type d'utilisation Type de véhicule	2000 n	2021 n
Promenade		
Automobile et camion léger	3446903	4 994 612
..Automobile	2629106	2 675 434
..Camion léger	816997	2 318 936
..Non précisé	800	242
Motocyclette	85447	203 881
Cyclomoteur	16046	33 657
Habitation motorisée	6295	10 940
Utilisation institutionnelle, professionnelle ou commerciale		
Automobile et camion léger	388086	492 068
..Automobile	130493	99 707
..Camion léger	257094	392 291
..Non précisé	499	70
Motocyclette	1143	2 342
Cyclomoteur	160	394
Habitation motorisée	523	553
Taxi	8049	-
Autobus	6971	8 846
Autobus scolaire	9392	11 438
Camion ou tracteur routier	107678	169 405
Véhicule-outil	27552	59 667
Autre véhicule	16452	23 392
Circulation restreinte		
Automobile et camion léger	1186	1 840
..Automobile	894	1 170
..Camion léger	177	617
..Non précisé	115	53
Motocyclette	756	2 798
Cyclomoteur	-	436
Camion ou tracteur routier	36	67
Motoneige	190	235
Autre véhicule	107	42
Hors réseau		
Automobile et camion léger	6213	4 937
..Automobile	1997	495
..Camion léger	3263	4 263
..Non précisé	953	179
Cyclomoteur	174	91
Autobus	152	173
Camion ou tracteur routier	4466	5 032
Motoneige	148308	234 061
Véhicule tout-terrain	230065	444 300
Véhicule-outil	147630	277 618
Autre véhicule	967	12 260
Total		
Total (Véhicule)	4660947	6 995 085

ANNEXE IV

MODÈLES DE BORNES DE RECHARGE (HYDRO QUÉBEC, 2015 ; IEA, 2019)

Tableau A IV - Bornes au Québec

Tirée Déploiement des bornes de recharge rapide au Québec – État des lieux et enjeux p.22

	Prise conventionnelle	Chargeur « lent »	Chargeur rapide (incluant les borne de recharge à courant continu BRCC)	
Niveau	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	
Voltage	120 V	240 V	400 V et plus	
Puissance maximale	3,7 kW	de 3,7 à 22 kW	de 22 à 43,5 kW	<400 kW
Type de courant	Alternatif (AC)	Alternatif (AC)	AC Triphasé	Courant continu (DC)
Temps de recharge	12 heures	3 heures	30 à 60 min pour une recharge à 80 %	< 30 min pour une recharge à 80 %
Norme et type de prise des bornes Amérique du Nord	Type B; SAE J1772 Type1	SAE J1772 Type1	SAE J3068	Compatible CCS Combo1 (SAE J1772 & IEC 62196-3) et CHAdeMO (IEC 62196-3) et SuperCharger Tesla
Norme et type de prise des bornes au Québec	SAE J1772	SAE J1772		SAE J1772 Combo; CHAdeMO et SuperCharger Tesla

ANNEXE V

LISTE PRÉLIMINAIRE DES 22 MATÉRIAUX CRITIQUES OU STRATÉGIQUES POUR LE QUÉBEC

Tableau A V - Matériaux critiques et stratégiques Québec

Tirée du Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2025 p.51

Liste préliminaire des 22 minéraux critiques ou stratégiques pour le Québec		
Critiques	Stratégiques	Stratégiques
Nécessaires à l'approvisionnement d'usines québécoises de transformation	Liés aux politiques publiques et aux énergies renouvelables	Produits ou ayant un bon potentiel de mise en valeur au Québec
1. Antimoine ²	11. Cobalt ²	17. Magnésium ⁴
2. Bismuth ²	12. Éléments des terres rares (ETR)	18. Niobium ¹
3. Cadmium ²	13. Éléments du groupe du platine (EGP ²)	19. Scandium ⁴
4. Césium	14. Graphite (naturel)	20. Tantale
5. Cuivre ²	15. Lithium ³	21. Titane ¹
6. Étain ²	16. Nickel ¹	22. Vanadium ³
7. Gallium ²		
8. Indium		
9. Tellure ²		
10. Zinc ¹		

1 Produit ou transformé comme substance principale.
 2 Produit comme substance secondaire, à partir de concentré ou comme sous-produit de fonderie.
 3 Projet de mise en valeur minière.
 4 Projet de transformation.

Validée par un comité d'experts du gouvernement en juin 2020, cette liste sera révisée périodiquement.

ANNEXE VI

GRILLE DE REMPLACEMENT NAVFAC

Tableau A VI - Grille NAFVAC

Tirée de Management of Expeditionary equipment NAVFAC p_480 p. E-11

Computation Factors for Use in Determining One Time Replacement Limit (OTRL) For Non-Tactical Vehicles																					
Vehicle Type	Present Age in Years As Adjusted ¹																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Ambulances, All	92	84	76	68	60	52	44	36	28	20											
Bus, Body on Chassis, to 37 adult pax	92	84	76	68	60	52	44	36	28	20											
Bus, Body on Chassis, over 37 adult pax	93	87	80	73	67	60	53	47	40	33	27	20									
Bus, Integral	93	87	80	73	67	60	50	47	40	33	27	20									
Truck, ¼ - ¾ Ton, under 7,000 (carryalls, minivans, pickups, etc.)	92	84	76	68	60	52	44	36	28	20											
Truck and Truck Tractor, 1 and 2 Ton, 7,000 to 18,999 lb GVW	92	84	76	68	60	52	44	36	28	20											
Truck and Truck Tractor, 2½ to 4 Ton, 19,000 to 23,999 GVW	92	84	76	68	60	52	44	36	28	20											
Truck and Truck Tractor, 5 to 10 Ton, 24,000 to 39,999 GVW	93	87	80	73	67	60	50	47	40	33	27	20									
Truck and Truck Tractor, 11 Ton and over, 40,000 and up GVW	93	87	80	73	67	60	50	47	40	33	27	20									
Trailers and Semi-Trailers: General Use	96	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20	
Trailers and Semi-Trailers: Tank (all types)	95	89	84	79	73	68	63	57	52	47	41	36	31	25	20						
Trailers and Semi-Trailers: Mechanical Elevating or Lifting Type Bodies	92	84	76	68	60	52	44	36	28	20											
Notes:																					
* - All Figures in columns under age in years as adjusted are percentage factors to be applied against the vehicle acquisition cost in determining the current and projected wholesale value.																					
1 - Life expectancy adjustments must be applied prior to determination of Age in years.																					

Table E-3. OTRL Computation Factors for Non-Tactical Vehicles

ANNEXE VII

TABLEAU DES HYPOTHÈSES TESTÉES

Tableau A VII Hypothèses Kastelli
Tirée de Kastelli & Van Looy (2013 p.177)

Table 3 Results from hypotheses testing.					
Model: Hypotheses	M1: H1a	M2: H1b and H1c	M3a: H2	M3b: H2	M3c: H2
Dependent variable	Service sales	Product sales	Profit margin	Profit margin	Profit margin
<i>Variable</i>					
Product sales _{t-1}	0.859 (0.000) ^{***}	-	-	-	-
Product sales	-	-	7.60×10^{-4} (0.627)	3.76×10^{-5} (0.983)	-0.003 (0.140)
Service sales	-	1.53 (0.000) ^{***}	-0.001×10^{-4} (0.565)	0.002 (0.533)	0.021 (0.005) ^{**}
Service sales ²	-	-	-	-3.12×10^{-5} (0.156)	-4.09×10^{-4} (0.002) ^{**}
Service sales ³	-	-	-	-	3.03×10^{-6} (0.003) ^{**}
Customer proximity	-	35.65 (0.046) [*]	-	-	-
GNP/capita	0.390 (0.006) [*]	0.65 (0.007) [*]	0.006 (0.001) ^{**}	0.006 (0.002) ^{**}	0.007 (0.001) ^{**}
Product portfolio	-0.159 (0.851)	4.02 (0.003) ^{**}	-	-	-
Year dummies	-	-	<i>Eliminated from the data table due to space limitations</i>		
Service staff increase	-	-	-4.19×10^{-4} (0.210)	-3.76×10^{-4} (0.300)	-3.3×10^{-4} (0.407)
Non-service staff increase	-	-	-1.40×10^{-4} (0.302)	-0.66×10^{-4} (0.714)	-1.5×10^{-4} (0.455)
<i>Model statistics</i>					
Number of observations	220	202	165	165	165
F statistics (p-value)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R ² (%)	49.9%	79.2%	23.1%	24.7%	19.7%
<i>First-stage F-statistics: >10 for one instrumented variable (M1) (Staiger and Stock, 1997); >7.56 for two instrumented variables (M2 and M3a) (Stock and Yogo, 2004); >6.61 for three and more (M3b and M3c) (Stock and Yogo, 2004)</i>					
Product sales _{t-1}	16.40	-	-	-	-
Product sales	-	-	10.14	10.14	10.14
Service sales	-	51.46	174.73	174.73	174.73
Service sales ²	-	-	-	146.50	146.50
Service sales ³	-	-	-	-	112.97
Customer intimacy	-	8.12	-	-	-
Hansen J p-value > 0.10	0.27	0.11	0.35	0.32	0.84

^{*} p < 0.05.
^{**} p < 0.01.
^{***} p < 0.00.











ANNEXE VIII

DELOITTE – EXEMPLE GÉNÉRIQUE

Tableau A VIII - Deloitte Exemple générique

Tirée de (Deloitte 2021 p. 7)

Fig. 2 – Profit potential estimation of EaaS (illustrative example)

Approach Period: 3 years		Sales	Financing	Aftersales	Services	Remarketing	Sum
OEM	Profit per contract	€10,000	n/a	€6,000	€3,000	n/a	Σ €19,000
Sales €180,000 one-off							Customer Limited contact, pos. change Product No control over asset
OEM	Profit per contract	€5,000	€2,500	€7,500	€6,000	€2,000	Σ €23,000
"as-a-Service" €5,000 monthly							Customer Regular contact Possible extension/ upsell Product Coverage of further cycles

ANNEXE IX

CONTRAT SERVICE OR VOLVO

Tableau A IX - Contrat Or Volvo

Tirée du site de Volvo <https://www.volvotrucks.id/en-id/services/vehicle-service/service-contracts/volvo-blue.html>

Gold	
Maximum uptime – all repairs and preventive maintenance	
Uptime Services (optional)	
<ul style="list-style-type: none">• Volvo Towing Assistance• 4-hour commitment	
Connected Service Planning	
<ul style="list-style-type: none">• Tailor-made service schedule• Follow-up on vehicle usage• Follow-up on selected wear-and-tear components	
Maintenance & Checks	
<ul style="list-style-type: none">• Engine oil change• Gearbox oil change• Axle oil change• Filter change• Belt and tensioner replacement• Particulate filter (DPF)• Main/Basic checks	
Powertrain Repairs	
<ul style="list-style-type: none">• Engine• Exhaust system• Transmission• Drive unit• Fuel injection• Air compressor• Clutch cylinder	
Non-Powertrain Repairs	
<ul style="list-style-type: none">• Electrical system and instruments• Suspension• Steering• Air conditioning	
Wear & Tear Components	
<ul style="list-style-type: none">• Batteries• Brake discs• Brake pads• Clutch plate• Thrust bearing• Springs	
Real Time Monitoring	
<ul style="list-style-type: none">• Breakdown prevention by remote monitoring and real-time analysis of critical components	

ANNEXE X

DIAPPOSITIVES CLIENTS POTENTIELS 7GEN

Tableau A X - Diapositives clients 7GEN

Tirée de la présentation fait par 7GEN à des clients potentiels

Solutions d'électrification de flotte sur mesure

7Gen fournit des véhicules électriques (VE), des bornes de recharge et des solutions de location clé en main, incluses en une seule facture mensuelle abordable - avec une suite logiciel pour optimiser vos nouveaux VE.

NOTRE OFFRE:

- Location de Camion Électrique
- Location de Borne de recharge
- Solution logiciel
- Accompagnement & Développement complète

COMMENT ON S'Y PREND:

7GEN

3. Logiciel Intégré

PLATEFORME D'ÉLECTRIFICATION DE FLOTTE
La plateforme logicielle 7Gen permet aux gestionnaires de flotte de prendre des décisions éclairées pour sélectionner, déployer et optimiser l'achat et le déploiement de VE et de bornes de recharge.

La plate-forme 7Gen fournit:

- TCC Analyses de Coûts Totaux
- Conception de site préliminaire
- Télématique et Intégrations API
- Gestion des VE et bornes de recharge
- Service d'assistance sur appel

Notre plateforme est basée sur le Web et facile d'utilisation, afin de maximiser les performances des nouveaux véhicules.

7GEN

Pourquoi changer aux VÉ

Plus rentables, durables et disponibles plus rapidement que les camions à combustion interne. Les VE peuvent vous faire économiser jusqu'à 90 % en frais de carburant et jusqu'à 60 % en frais d'entretien. Combiné avec des programmes de subvention plus élevés que jamais, il n'y a jamais eu de meilleur moment pour électrifier votre flotte.

Monthly costs

- 0% Émissions de véhicule
- Plus de frais de carburant
- Moins de frais de maintenance
- Moins de coûts de réparation
- Coûts réduits
- Subventions disponibles
- Multiples options de location

7GEN

Étapes clés vers la transition ZE

La transition vers les transports zéro émission avec 7Gen est simple. Nous travaillons en partenariat avec votre organisation pour mettre en œuvre efficacement votre électrification.

2-3 semaines 2-3 semaines 2-3 semaines 2-4 mois

7GEN

ANNEXE XI

RÉSUMÉ RENCONTRE 7 JUIN 2022 – CEI

Tableau A XI – Barrières, critères de succès, enjeux et défis

Barrières à l'entrée
Méconnaissance du modèle au Québec/Canada
Adaptabilité des intervenants
Critères de succès
Viser des équipements lourds électriques « vanilles »
Modèle financier du EaaS
Soutien gouvernementaux dans la transition
Accès aux programmes d'aides financières
Budget CAPEX
Enjeux
Propriétaire des données
Gestion de l'énergie
Intégration du modèle pour des entreprises avec leurs propres ateliers mécaniques
Pièces OEM vs du marché secondaire
Défis
Démocratisation du modèle
Gestion du risque financier
Véhicules vs aménagements spécifiques/complexes
Intervention auprès des manufacturiers de véhicules
Gestion du changement
Formation des technicien(ne)s
Reconnaissance du rôle de gestionnaire de parc de véhicules
La fiabilité de la technologie

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Accolley, D., Lemieux, A., Plourde, K., & Rambeloma, T. (2018). *Portrait statistique et économique - LE CAMIONNAGE AU QUÉBEC*

Québec: Publications du Québec Retrieved from <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/3583165?docref=jkiRYA2hkh2dzfzEXBuQGA>

Agriculture, e. e. r. n. (2022). *Éthanol et biodiesel*. Retrieved from <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/energie/production-appvisionnement-distribution/bioenergies/ethanol-biodiesel#c119389>

Alcaraz, C. (2022). 7 GENERATION CAPITAL SECURES \$8 MILLION FROM SIEMENS, FONDS DE SOLIDARITÉ FTQ. *Betakik - Canadian Startup news*. <https://betakit.com/7-generation-capital-secures-8-million-from-siemens-fonds-de-solidarite-ftq/>

Alex Leslie, P. D., & Murray, D. (2022). *An Analysis of the Operational Costs of Trucking: 2022 Update*. <https://truckingresearch.org/2022/08/10/an-analysis-of-the-operational-costs-of-trucking-2022-update/>

Alonso, E., Sherman, A. M., Wallington, T. J., Everson, M. P., Field, F. R., Roth, R., & Kirchain, R. E. (2012). Correction to Evaluating Rare Earth Element Availability: A Case with Revolutionary Demand from Clean Technologies. *Environmental Science & Technology*, 46(8), 4684-4684. <https://doi.org/10.1021/es3011354>

Andrew, J. P., Sirkin, H. L., Butman, J., & Boston Consulting, G. (2006). *Payback : reaping the rewards of innovation*. Harvard Business School Press. <http://catdir.loc.gov/catdir/toc/ecip0618/2006024530.html>

Anisie, A., & Boshell, F. (2020). *Business Models* ISBN 978-92-9260-114-0). https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA_Business_Models_Collection_2020.pdf?rev=69ac497aca6043cc9d8940e31ecd7fa9

- Aurich, J. C., Fuchs, C., & DeVries, M. F. (2004). An Approach to Life Cycle Oriented Technical Service Design. *CIRP Annals*, 53(1), 151-154. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60666-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60666-0)
- AVEQ. (2023). *Information et statistiques pour le Québec*. <https://www.aveq.ca/meacutedias-stats.html>
- Berto, G. (2023). *PLUS D'UN DEMI-SIÈCLE D'HISTOIRE*. <https://www.groupe-berto.com/le-groupe/notre-histoire/>
- Blanco, S. (2022). ACT Expo 2022: Production eCascadia ready for 230 miles of 'typical range'. *SAE International* <https://www.sae.org/news/2022/05/freightliner-ecascadia-production-electric-truck>
- Bleeker, S. R. (2022a). *It's National Trucking Week too!* https://www.linkedin.com/posts/shaynarector_driving-change-new-zero-emission-delivery-activity-6973322943011463168-Ejv6/?originalSubdomain=ca
- Bleeker, S. R. (2022b). *Lighting in Canada* <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6993746056475799552/>
- Burnham, A., Gohlke, D., Rush, L., Stephens, T., Zhou, Y., Delucchi, M. A., Birky, A., Hunter, C., Lin, Z., Ou, S., Xie, F., Proctor, C., Wiryadinata, S., Liu, N., & Bloor, M. (2021). Comprehensive Total Cost of Ownership Quantification for Vehicles with Different Size Classes and Powertrains. *Argonne National Lab. (ANL), Argonne, IL (United States)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.2172/1780970>
- Burton, M., Burns, D., & Kermish, R. (2019). Choosing the Right Pricing Model for Equipment as a Service. <https://www.bain.com/insights/choosing-the-right-pricing-model-for-equipment-as-a-service/>
- Canada, G. d. (2019). *Inventaire officiel des gaz à effet de serre du Canada*. Retrieved from <https://donnees.ec.gc.ca/data/substances/monitor/canada-s-official-greenhouse-gas-inventory/A-Secteurs-GIEC/?lang=fr>

- Canada, G. d. (2022a). *iVMLZE - Véhicules admissibles*. Retrieved from <https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/technologies-novatrices/vehicules-zero-emission/vehicules-moyens-lourds-zero-emission/ivmlze-vehicules-admissibles#wb-auto-4>
- Canada, G. d. (2022b). *Technologies du développement durable du Canada*. <https://www.sdtc.ca/fr/>
- Canada, G. d. (2023). *Profils énergétiques des provinces et territoires*. Environnement et Changement climatique Canada Retrieved from <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/profils-energetiques-provinces-territoires/profils-energetiques-provinces-territoires-explorer.html>
- Casals, L. C., Amante García, B., & Canal, C. (2019). Second life batteries lifespan: Rest of useful life and environmental analysis. *Journal of Environmental Management*, 232, 354-363. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.046>
- CCTT. (2022). *Centre collégiaux de transfert technologie*. <https://reseauccct.ca/centres/ivi>
- CEI. (2022). *Centre d'expertise industrielle de Montréal*. <https://cei-mtl.ca/>
- Chong, J. (2017). *Les véhicules électriques au Canada et ailleurs dans le monde*. Bibliothèque du Parlement= Library of Parliament.
- Ciroth, A., & Arvidsson, R. (2021). *Life cycle inventory analysis : methods and data*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-62270-1>
- Cordeiro, G. A., Ordóñez, R. E. C., & Ferro, R. (2019). Theoretical proposal of steps for the implementation of the Industry 4.0 concept. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 166-179. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2019.v16.n2.a1>
- Deloitte. (2021). *Equipment-as-a-Service From Capex to Opex – new business models for the machinery industry*.

- Djoudi, N. (2021). *Conception, développement et mise au point d'un procédé hydrométallurgique de récupération du cobalt (II) issu de mines secondaires par précipitation*
- Drinkwater, R. W., & Hastings, N. A. J. (1967). An Economic Replacement Model. *OR*, 18(2), 121-138. <https://doi.org/10.2307/3007524>
- Ecoinvent. (2022). *ecoinvent Database*. <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>
- Energy, U. D. o. (2023). *Alternative Fuels Data Center*. <https://afdc.energy.gov/data/10381>
- ÉTS. (2022). *GOL611 Ingénierie des parcs d'équipements*. <https://www.etsmtl.ca/etudes/cours/GOL611>
- EV, P. (2023). *Electric Vehicle*. <https://www.peterbilt.com/electric-vehicles>
- Fang, E., Palmatier, R. W., & Steenkamp, J.-B. E. M. (2008). Effect of Service Transition Strategies on Firm Value. *Journal of Marketing*, 72(5), 1-14. <https://doi.org/10.1509/jmkg.72.5.001>
- Gebauer, H., Fleisch, E., & Friedli, T. (2005). Overcoming the Service Paradox in Manufacturing Companies. *European Management Journal*, 23(1), 14-26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.emj.2004.12.006>
- Grenier, G. J., Ménard, J.-F., Garrido, S. R., & Salathé-Beaulieu, G. (2018). L'ANALYSE DU CYCLE DE VIE (ACV).
- Heppner. (2022). *Heppner se dote de camions électriques « volta zero » pour sa distribution urbaine* <https://www.heppner-group.com/presse/heppner-se-dote-de-camions-electriques-volta-zero-pour-sa-distribution-urbaine/>
- Heppner. (2023). *Notre Groupe Heppner*. <https://www.heppner-group.com/heppner-groupe-nous-connaître/>

- Holman. (2022). *Ferguson Collaborates with Holman and Electrada to Launch Groundbreaking Electric Vehicle Program* <https://www.holman.com/resources/press-releases/ferguson-collaborates-with-holman-and-electrada-to-launch-groundbreaking-electric-vehicle-program>
- Holman. (2023). *Holman Driving What's Right*. <https://www.holman.com/ca/>
- Hu, Y., Lu, S., Fang, Q., & Zhang, W. (2020, 25-27 Sept. 2020). Application Analysis of Life Cycle Cost Parameter Estimation Method for a Certain Type of Equipment. 2020 International Conference on Modern Education and Information Management (ICMEIM),
- Hydro-Québec. (2019). Plan stratégique 2020-2024. In V.-p. S. d. e. e. d. d. affaires (Ed.).
- Hydro-Québec. (2022). *2022 Comparaison des prix de l'électricité dans les grandes villes nord-américaines* (ISBN 978-2-550-92328-2 (PDF)). <https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/comparaison-prix-electricite.pdf>
- Hylico. (2023). *Les véhicules*. <https://hylico.com/#:~:text=Avec%20une%20autonomie%20jusqu'%C3%A0,r%C3%A9gional%2C%20distribution%20et%20approches%20chantier>.
- Innovations, F. (2022). *Calcul de surcharge de carburant : FPInnovations peut vous aider*. <https://web.fpinnovations.ca/fr/calcul-de-surcharge-de-carburant-fpinnovations-peut-vous-aider/>
- Institute, A. ù. R. (2023). *About ATRI*. <https://truckingresearch.org/2012/08/20/about-atri/>
- IVECO. (2022). *IVECO and Nikola launch the Nikola Tre BEV battery electric heavy-duty truck with best-in-class range in the European markets at IAA 2022* https://www.iveco.com/en-us/press-room/kit/Documents/IAA_2022/3_PR_IVECO_NikolaTRE_launch_at_IAA_2022.pdf

- IVI. (2013). *Développement du premier prototype d'autobus scolaire électrique en Amérique du Nord*. <https://www.ivisolutions.ca/realisation/developpement-du-premier-prototype-dautobus-scolaire-electrique-en-amerique-du-nord/>
- IVI. (2020). *GUIDE POUR L'ÉLECTRIFICATION D'UNE FLOTTE DE VÉHICULES*.
- Jean Grenier, G. (2018). *L'analyse du cycle de vie (ACV) - Fiche synthèse*. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/3552268>
- Kastalli, I. V., & Van Looy, B. (2013). Servitization: Disentangling the impact of service business model innovation on manufacturing firm performance. *Journal of Operations Management*, 31(4), 169-180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jom.2013.02.001>
- Kenter, P. (2022). Driving change: New zero-emission delivery trucks take to Canada's roads. *Financial Post*. <https://financialpost.com/sponsored/news-sponsored/driving-change-new-zero-emission-delivery-trucks-take-to-canadas-roads>
- KPMG. (2016). *Re-evaluating the total cost of truck fleet ownership*.
- Lah, T. (2021). *What Is the Fish Model?* Technology & Services Industry Association. <https://www.tsia.com/blog/what-is-the-fish-model>
- Lenz, S. (2019). Daimler Mobility launches first series-produced leasing product for trucks in the USA with usage-based rate. *Mercedes-Benz Group Media*. <https://group-media.mercedes-benz.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Daimler-Mobility-launches-first-series-produced-leasing-product-for-trucks-in-the-USA-with-usage-based-rate.xhtml?oid=44789458>
- Lithion. (2022). *L'entreprise de recyclage de batteries lithium-ion qui change la donne*. <https://www.lithionrecycling.com/fr/entreprise-recyclage-batterie-lithium-ion/>
- Liu C., A. S., Morley D., Lei Z. (2020). Data-Driven Simulation-Based Analytics for Heavy Equipment Life-Cycle Cost. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(5), 04020038. [https://doi.org/doi:10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001816](https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001816)

- Marsmann, M. (2000). The ISO 14040 Family. *INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT*, 5(Part 6), 317-318.
- Media, N. (2023). *Nikola Expands Presence to Canada with Nikola Tre BEV and FCEV Truck and Hydrogen Mobile Fueler Order from Alberta Motor Transport Association* https://www.nikolamotor.com/press_releases/nikola-expands-presence-to-canada-with-nikola-tre-bev-and-fcev-truck-and-hydrogen-mobile-fueler-order-from-alberta-motor-transport-association/
- MERN. (2020). *Plan québécois de valorisation des minéraux critiques et stratégiques*. Gouvernement du Québec. <https://www.quebec.ca/gouv/politiques-orientations/plan-quebecois-valorisation-mineraux-critiques-strategiques>
- MERN. (2021a). *Consultation sur l'hydrogène vert et les bioénergies*. Retrieved from <https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/expertises/hydrogene>
- MERN. (2021b). *Plan pour économie verte 2030*. Gouvernement du Québec Retrieved from <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/plan-economie-verte-2030.pdf?1605549736>
- Morris, C. (2022). Fleet operator Ferguson partners with Holman and Electrada for electrification-as-a-service pilot. *Charged EV Fleet & Infrastructures News*. <https://chargedevs.com/newswire/fleet-operator-ferguson-partners-with-holman-and-electrada-for-electrification-as-a-service-pilot/>
- Nadeem, J. (2022). *ECascadia And EM2 Order*. <https://pridegroupenterprises.com/pride-group-makes-large-ecascadia-and-em2-order/>
- NAFA. (2022). *NAFA - Fleet management association* <https://www.nafa.org/certification/>
- NAVFAC. (1997). *P300 MANAGEMENT OF CIVIL ENGINEERING SUPPORT EQUIPMENT*. https://nps.edu/documents/111291366/111353779/NAVFAC_P-300.pdf/f9bf334f-27de-4b59-8a29-6082d16d8786
- NAVFAC. (2016). *P480 MANAGEMENT OF EXPEDITIONARY EQUIPMENT*.

- NEL. (2023). *Unloking the potential of renwables*. <https://nelhydrogen.com/>
- Nikola, C. (2022). *Nikola Corporation Reports Third Quarter 2022 Results*. https://nikolamotor.com/press_releases/nikola-corporation-reports-third-quarter-2022-results-211
- O'Connor, E. P. (2014). *Major equipment life cycle cost analysis* [Iowa State University]. Iowa. <https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/9cc741a3-8603-4628-8890-d1ae29f0bded/content>
- OIQ. (2016). *L'Ordre des ingénieurs du Québec décerne le Prix Génie innovation 2016 à l'Institut du véhicule innovant pour son apport à la conception de l'autobus scolaire électrique eLion* <https://www.oiq.qc.ca/publication/lordre-des-ingenieurs-du-quebec-decerne-le-prix-genie-innovation-2016-a-linstitut-du-vehicule-innovant-pour-son-appoint-a-la-conception-de-lautobus-scolaire-electrique-elion/>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). Business Model Generation: A handbook for visionaries, game changers and challengers. *The journal of neuroscience*. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0307-10.2010>
- PacLease. (2023). *PacLease Truck rental & leasing*. <https://www.paclease.com/>
- Peillon, S. (2016). La servicisation des entreprises industrielles. *La Revue des Sciences de Gestion*, 278-279(2). <https://doi.org/10.3917/rsg.278.0131>
- Picherit, M.-L. (2010). *Electric vehicle environmental assessment : methodologies and application*
- Evaluation environnementale du véhicule électrique : méthodologies et application* (Publication Number 2010EMSE0578) Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne]. Star-Loria2-Site-ensmse-Miri-ensmse-Septit-ensmse-Pieso-ensmse-Fayol-ensmse-Emse-Instituts-telecom-Institut-telecom. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00666955>

- Pineau, P.-O., & Rahimy, O. (2021). *DÉPLOIEMENT DES BORNES DE RECHARGE RAPIDE AU QUÉBEC - ÉTAT DES LIEUX ET ENJEUX*. https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2021/02/HEC-RAPPORT_BornesRapidesQc_web.pdf
- Pride, G. (2023). *About Us*. <https://pridegroupenterprises.com/about-us/>
- Québec, B. d. d. d. s. o. s. l. (2022). *Nombre de véhicules en circulation selon le type d'utilisation et le type de véhicule, Québec, régions administratives et municipalités de résidence du propriétaire du véhicule*. Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ). Retrieved from https://bdso.gouv.qc.ca/pls/ken/ken213_afich_tabl.page_tabl?p_iden_tran=REPERT_OJ8OF55-1273009378005Y21&p_lang=1&p_m_o=SAAQ&p_id_raprt=3628#tri_tertr=00&tri_mun=aaaaa
- Québec, G. d. (2023a). *Marché du carbone - Inscription au SPEDE*. Retrieved from <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/carbone/inscription-spede.htm>
- Québec, G. d. (2023b). *PROGRAMME D'AIDE À LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DANS LE TRANSPORT ROUTIER DES MARCHANDISES (ÉCOCAMIONNAGE)*. Retrieved from <https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/aide-finan/entreprises-camionnage/aide-ecocamionnage/Documents/2022/Technologies-admissibles-financement.pdf>
- Québec, G. d. (2023c). *Volet Borne de recharge rapide en courant continu*. Retrieved from <https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/transport/programmes/transportez-vert/volet-borne-de-recharge-rapide-en-courant-continu>
- Rehme, M., Richter, S., Temmler, A., & Götze, U. (2016). *CoFAT 2016 - Second-Life Battery Applications - Market potentials and contribution to the cost effectiveness of electric vehicles*.
- Rout, C., Li, H., Dupont, V., & Wadud, Z. (2022). *A Comparative Total Cost of Ownership Analysis of Heavy Duty On-Road and Off-Road Vehicles Powered by Hydrogen, Electricity, and Diesel*. SSRN.

- Roy, J. (2021). *Électrification du transport lourd : Les défis et les solutions pour le Québec* https://melies.hec.ca/visionnement_pb.cfm?version=kJShVNYhQLDAgCg&lv=1
- Roy, P.-O. (2016). *Rapport Analyse du cycle de vie comparative des impacts environnementaux potentiels du véhicule électrique et du véhicule conventionnel dans un contexte d'utilisation québécois / réalisation [...]*. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/3582567>
- RR, D. m. (2022). *Les moteurs de Rolls-Royce* [Interview].
- Sokol, A. P., & Demissy, M. (2023). *Volta Trucks présente le Volta Zero tout-électrique à l'ACT Expo dans le cadre de son plan de lancement aux États-Unis* <https://voltatrucks.com/fr/press/volta-trucks-to-debut-all-electric-volta-zero-at-act-expo-as-highlight-of-us-launch-plan>
- solutions, C. m. (2023). *Change Adoption curve*. <http://changemanagementsolutions.ca/change-implementation-support>
- Stojkovski, I., Achleitner, A. K., & Thomas, L. (2021). *Equipment as a Service: The Transition Towards Usage-Based Business Models* <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3763004>
- Tahara, K., Ishikawa, K., & Ishigaki, M. (2020, 20-23 Sept. 2020). *Battery as a Service for Electric Vehicles: Design and Optimization of Partially Swappable and Shareable Battery System*. 2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC),
- Takahito K., M. L., Ye X., Loeffelman P.H., Casablanca C.J., Thomas P.R., Amouzegar K., Larouche F., Duval V.M., Goulet D.O., Perié A.C., Calzado L. . (2021). *2nd Life batteries. Global Sustainable Electricity Partnership*. https://www.globalelectricity.org/content/uploads/GSEP_SecondLifeBatteries.pdf
- Tech, A. C. (2020). *Calculating TCO for EVs: Where to Find the Greatest Long-Term Cost savings for Medium- and Heavy-Duty Vehicles* <https://www.act-news.com/news/calculating-tco-for-medium-and-heavy-duty-evs/>
- Tesla. (2022). *SEMI - l'avenir du camionnage*. https://www.tesla.com/fr_ca/semi

- Trinko, D., Horesh, N., Porter, E., Dunckley, J., Miller, E., & Bradley, T. (2023). Transportation and electricity systems integration via electric vehicle charging-as-a-service: A review of techno-economic and societal benefits. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 175, 113180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113180>
- Trucks, V. (2020). *The live Launch of the Volta Zéro*. <https://www.youtube.com/watch?v=9co-hG4GHc8>
- Van-de-Graaf, L. (2022). *The Geopolitics of the Energy Transformation : The Hydrogen Factor* La géopolitique de la transition énergétique, Montréal. <https://cerium.umontreal.ca/nouvelles-et-evenements/evenements/un-evenement/news/eventDetail/Event/la-geopolitique-de-la-transition-energetique/>
- ventes-Énergies, D. (2022). *Peterbuilt Véhicules Électriques*
- Volta. (2021). *Market Position*. <https://voltatrucks.com/investor-relations>
- Volvo. (2022). *Volvo Cars is first car maker to join SteelZero initiative in support of fossil-free steel ambitions* <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/301755/volvo-cars-is-first-car-maker-to-join-steelzero-initiative-in-support-of-fossil-free-steel-ambitions>
- WattEV. (2023). *Electrifying Heavy Duty Transport*. <https://www.wattev.com/>
- Whitmore, J., & Pineau, P.-O. (2022). *État de l'énergie au Québec 2022* (ISSN 2368-674X (version PDF)). https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2022/02/EEQ2022_web.pdf
- Whitmore, J., & Pineau, P.-O. (2023). *État de l'énergie au Québec 2023* (ISSN 2368-674X (version PDF)). (Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal, préparé pour le gouvernement du Québec, Issue. https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2023/02/EEQ2023_WEB.pdf

- Woo, H., & Grandy, J. (2021). Nikola Motors: a case study in bundling as a market entry strategy. *Journal of Business Strategy*, 42(1), 59-68. <https://doi.org/10.1108/JBS-07-2019-0145>
- Woody, M., Vaishnav, P., Keoleian, G. A., De Kleine, R., Kim, H. C., Anderson, J. E., & Wallington, T. J. (2022). The role of pickup truck electrification in the decarbonization of light-duty vehicles. *Environmental Research Letters*, 17(3), 034031. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5142>
- Wortmann, F., Lamprecht, C., Gebauer, H., & Fleisch, E. (2021). The St. Gallen Eas Navigator: 66 pattern cards to guide the development of customer-centric product-service systems. In: University of St. Gallen.
- Yakub, M. (2022). Pride Group is continuing to expand its fleet of electric trucks with the new order for 250 Freightliner vehicle. *Electric Autonomy*. <https://electricautonomy.ca/2022/09/12/pride-freightliner-ecascadia-em2-electric-trucks/>
- York, U. S. A. s. O.-S. D. o. N. (2021). *Former Nikola Corporation CEO Trevor Milton Charged In Securities Fraud Scheme*. Retrieved from <https://www.justice.gov/usao-sdny/pr/former-nikola-corporation-ceo-trevor-milton-charged-securities-fraud-scheme>