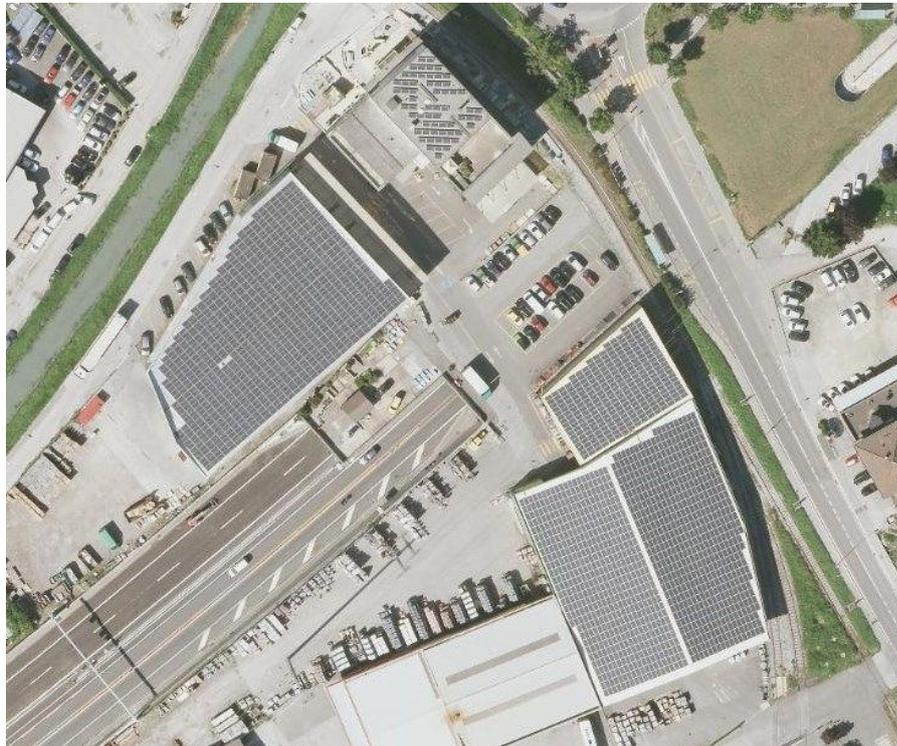


## Travail de Bachelor 2020

### Etude de décarbonisation de l'entreprise

#### Ferd. Lietti SA



Etudiant-e : Jeffray Bitz

Professeur : Frédéric Revaz

Déposé le : 13 juillet 2020

Jeffray Bitz

**Source de l'illustration de la page de titre :**

Photo de l'entreprise Ferd. Lietti SA récupérée sur leur site internet

## Résumé managérial

L'entreprise Ferd. Lietti est une entreprise active dans le secteur de la construction. Elle a déjà réalisé plusieurs améliorations afin de prouver que le développement durable fait partie intégrante de sa stratégie comme la pose de panneaux solaires photovoltaïques sur le toit ou l'installation d'une pompe à chaleur utilisant l'eau de la nappe phréatique pour la production de chaleur et de froid. Soucieuse de limiter ses impacts sur l'environnement et de s'inscrire comme une entreprise durable, elle souhaite limiter ses émissions de CO<sub>2</sub> liées à la mobilité. De ce fait, un changement des voitures, des chariots élévateurs et des camions-grues vers des propulsions électriques a été étudié.

Actuellement, le principal problème de la mobilité électrique est l'autonomie des véhicules. Les batteries au lithium ne sont pas totalement écoresponsable lors de leur fabrication et le recyclage de ces batteries n'est pas encore suffisamment développé. Cependant, lors de leur phase d'utilisation, les véhicules électriques n'émettent pas directement de CO<sub>2</sub>.

Une analyse comparative entre les différents modes de propulsion de chaque véhicule a été réalisée afin de trouver le mode de propulsion le plus adapté à l'environnement de l'entreprise. Cela a démontré que certains chariots élévateurs et voitures à propulsion thermique pourraient être remplacés par une propulsion électrique. La technologie actuelle pour les camions-grues n'est pas encore suffisamment développée pour répondre aux besoins de l'entreprise. Mais, l'installation d'une grue avec une possibilité de la faire fonctionner par l'intermédiaire d'une prise de courant électrique au lieu du moteur thermique est une solution envisageable afin de diminuer légèrement la consommation de carburant du camion.

La situation actuelle liée au Covid-19 a montré que le prix de l'essence est très volatile et que la Suisse est entièrement dépendante des pays exportateurs de pétrole. Les prix bas de l'essence de ce début d'année n'encouragent pas le changement d'un point de vue purement économique. Mais avec un prix de l'essence à 1,65 CHF/L, la transition vers un mode de propulsion électrique devient intéressante également d'un point de vue économique. Les véhicules électriques offrent plus de confort aux utilisateurs par la réduction du bruit et la baisse des émissions de CO<sub>2</sub>.

Une enquête par l'intermédiaire d'un questionnaire en ligne a été réalisée avec les collaborateurs de l'entreprise afin de connaître leurs habitudes de travail et de récolter leur avis sur les changements envisagés dans ce rapport. Les résultats ont été très positifs et ont permis d'éditer une charte pour limiter la consommation d'énergie des employés de bureau.

Mots-clés : Développement durable, électricité, production solaire, mobilité durable, CO<sub>2</sub>

## Avant-propos et remerciements

Etudiant en dernière à la HES-SO Valais à Sierre en filière économie d'entreprise, j'ai suivi les cours d'Energy Management en option principale. Les différents enseignants et les activités réalisées au cours de cette année m'ont permis de m'intéresser de plus près aux enjeux du monde de l'énergie. Un domaine dans lequel mes compétences étaient très limitées auparavant.

J'ai contacté l'entreprise Ferd. Lietti afin de savoir si elle avait un projet avec lequel je pourrais rédiger mon travail de Bachelor. Elle m'a proposé un thème en lien avec la mobilité de l'entreprise. Les solutions proposées ont été choisies après une analyse de la revue de littérature. Cependant, la littérature sur les camions-grues et les chariots élévateurs n'était pas très fournie. Afin de rester le plus précis et le plus objectif possible, la récolte des données a souvent été comparée à d'autres sources. Les camions-grues électriques sont en pleine phase de test et les données financières ne sont actuellement que des estimations.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon professeur Frédéric Revaz qui m'a accompagné tout au long de ce travail en me donnant des conseils avisés. Grâce son expérience, il a pu me donner les pistes que je devais explorer dans un domaine qui était inconnu pour moi au début du travail. Je tiens aussi à remercier M. Pierre-Alain Lietti pour sa confiance et sa disponibilité.

J'aimerais également remercier toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail que ce soit de proche ou de loin comme les professeurs de l'option d'Energy Management : Stéphane Genoud et Joëlle Mastellic pour toutes les informations transmises lors des cours et toutes les personnes qui m'ont accordé un peu de leur temps afin de réaliser un entretien : M. José Benitez du garage Troillet, M. Guy Ducret du garage Hydrau-Trucks, M. Mathias Fellay du garage du Nord et M. Christian Wiese de Toyota.

Je tiens également à remercier personnellement toutes les personnes ayant répondu à mes questions : Vincent Overnay, chef de service au département fédéral des finances ; Francis Rossier, directeur de Solalpes Energie et les interlocuteurs de OIKEN dont en particulier Thierry Gaspoz.

Finalement, j'aimerais remercier tous les collaborateurs de l'entreprise Ferd. Lietti qui ont répondu à mon questionnaire en ligne

## Table des matières

<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTE DES ANNEXES.....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJECTIF DE L'ÉTUDE .....	3
1.2 MOTIVATIONS .....	4
1.3 STRUCTURE DU RAPPORT.....	4
1.4 NOTIONS THÉORIQUES .....	4
<b>2. PRÉSENTATION DU CONTEXTE.....</b>	<b>9</b>
2.1 PRÉSENTATION DE FERD. LIETTI SA.....	9
2.2 VÉHICULES ACTUELS.....	9
2.3 ANALYSE DE LA PRODUCTION SOLAIRE .....	10
2.4 ANALYSE DE LA CONSOMMATION .....	13
2.5 AUTOCONSOMMATION .....	15
2.6 RPC.....	18
<b>3. LES SOLUTIONS ÉTUDIÉES .....</b>	<b>19</b>
3.1 FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR ÉLECTRIQUE.....	21
3.2 VOITURES ÉLECTRIQUES .....	22
3.3 CHARIOTS ÉLÉVATEURS ÉLECTRIQUES .....	25
3.4 CAMIONS-GRUES ÉLECTRIQUES .....	29
3.5 FOURGONS ÉLECTRIQUES .....	31
<b>4. BATTERIES .....</b>	<b>33</b>
4.1 ACCUMULATEUR AU LITHIUM-ION.....	34
4.2 LE LITHIUM .....	35
<b>5. ANALYSE COMPARATIVE ET BUDGET.....</b>	<b>37</b>
5.1 VOITURES ÉLECTRIQUES .....	38
5.2 CHARIOTS ÉLÉVATEURS ÉLECTRIQUES .....	42
5.3 CAMIONS-GRUES .....	46
5.4 EFFICIENCE ÉNERGÉTIQUE .....	49

<b>6. TAXE ET IMPÔTS LIÉS AUX DIFFÉRENTS VÉHICULES .....</b>	<b>51</b>
6.1 IMPÔT SUR LES PLAQUES.....	51
6.2 IMPÔT SUR LES HUILES MINÉRALES ET TAXE CO <sub>2</sub> .....	51
6.3 REDEVANCE SUR LE TRAFIC DES POIDS LOURDS LIÉE AUX PRESTATIONS .....	52
6.4 REDEVANCE FORFAITAIRE SUR LE TRAFIC DES POIDS LOURDS .....	53
6.5 REDEVANCE POUR L'UTILISATION DES AUTOROUTES .....	53
<b>7. TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DE L'ENTREPRISE .....</b>	<b>54</b>
7.1 RÉPONSES SUR LA PARTIE GÉNÉRALE .....	54
7.2 EMPLOYÉS DE BUREAU.....	55
7.3 CARRELEURS .....	59
7.4 CHAUFFEURS DES CAMIONS-GRUES .....	60
7.5 VENDEURS ET REPRÉSENTANTS.....	60
7.6 LOGISTICIENS .....	60
7.7 CERTIFICATION .....	61
7.8 RCP .....	62
<b>8. RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>69</b>
8.1 PROPOSITION D'UN PLAN D'ACTION .....	71
<b>9. CONCLUSION .....</b>	<b>78</b>
9.1 LIMITES DE L'ÉTUDE .....	80
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>81</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>89</b>
<b>DÉCLARATION DE L'AUTEUR.....</b>	<b>135</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 - Formulaire.....	5
Tableau 2 - Quantité de production réinjectée dans le réseau par saison .....	16
Tableau 3 - Budget pour le changement des voitures .....	38
Tableau 4 - VAN pour les voitures électriques.....	39
Tableau 5 - Budget pour le changement des chariots élévateurs.....	42
Tableau 6 - Récapitulatif du chargement des batteries des chariots élévateurs .....	44
Tableau 7 - Schéma de l'analyse comparative des camions-grues .....	46
Tableau 8 - Budget pour le changement des camions-grues .....	47
Tableau 9 - Comparaison de la consommation de kWh .....	49
Tableau 10 - Comparaison de l'impôt sur les plaques.....	51
Tableau 11 - Montant de la RPLP par camion.....	52
Tableau 12 - Montant de la RPLP par tranche de 1'000 km .....	53
Tableau 13 - Calcul du gain annuel d'une nouvelle installation solaire.....	68
Tableau 14 - Plan d'action pour le changement des voitures .....	74
Tableau 15 – Plan d'action pour le changement des chariots élévateurs .....	76

## Liste des figures

Figure 1 - Schéma camion actuel .....	6
Figure 2 - Formule de la VAN .....	8
Figure 3 - Chiffres clés de la production et de la consommation d'électricité .....	11
Figure 4 - Production solaire RPC (vert) et RU (rouge).....	12
Figure 5 - Consommation prélevée sur le réseau .....	13
Figure 6 - Consommation totale de l'entreprise .....	14
Figure 7 - Consommation RU (bleu) et production RU (rouge) sur l'année 2019 .....	15
Figure 8 - Estimation de la production et de la consommation un jour d'été .....	17
Figure 9 - Estimation de la production et de la consommation un jour d'hiver .....	17
Figure 10 - Schéma du fonctionnement d'un moteur électrique .....	21
Figure 11 - Schéma des émissions de gaz à effet de serre par type de voiture .....	23
Figure 12 - Comparaison des coûts des chariots élévateurs électriques et thermiques .....	28
Figure 13 - Comparaison du poids et de la taille des batteries.....	33
Figure 14 - Diagramme de Ragone montrant le rapport entre la puissance spécifique et l'énergie spécifique pour différentes batteries.....	34
Figure 15 - Demande en matériel et batteries Lithium-ion pour la vente de véhicules électriques ou hybrides dans le futur .....	35
Figure 16 - Schéma de l'analyse comparative des voitures .....	38
Figure 17 - Schéma de l'analyse comparative des chariots élévateurs .....	42
Figure 18 - Comparaison des temps de chargement entre une batterie au lithium et une batterie au plomb .....	43
Figure 19 - Actions environnementales réalisées par les collaborateurs.....	54
Figure 20 - Avis des collaborateurs par rapport à la phrase suivante : « Nous imprimons seulement ce qui est nécessaire. ».....	57

Figure 21 - Vue aérienne des environs de Ferd. Lietti .....	63
Figure 22 - Exposition des façades au soleil.....	64
Figure 23 - Répartition par mois de la production solaire des façades.....	65
Figure 24 - Estimation de la production et de la consommation un jour d'été avec l'installation de nouveaux PV .....	66
Figure 25 - Estimation de la production et de la consommation un jour d'hiver avec l'installation de nouveaux PV .....	66
Figure 26 - Roue de Deming .....	71
Figure 27 - Schéma des flux d'informations du comité énergétique.....	73

## Liste des abréviations

AFD	Administration fédérale des douanes
CHF	Franc suisse
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
Ct.	Centime de franc suisse
GES	Gaz à effet de serre
kg	Kilogramme
kWh	Kilowatt-heure
NEDC	Nouveau cycle européen de conduite
OFEN	Office fédérale de l'énergie
OPEP	Organisation des pays exportateurs de pétrole
PTAC	Poids total autorisé en charge
PV	Panneau solaire photovoltaïque
RCP	Regroupement de consommation propre
RPC	Rétribution à prix coûtant
RPLF	Redevance forfaitaire sur le trafic poids lourds
RPLP	Redevance sur le trafic poids lourds liée aux prestations
RU	Rétribution unique
t.m.	Tonne / mètre

## Liste des annexes

ANNEXE 1 : CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE.....	89
ANNEXE 2 : RÉINJECTION PAR JOUR .....	90
ANNEXE 3 : % D'AUTOCONSOMMATION POUR UNE RENTABILITÉ DE 2% .....	91
ANNEXE 4 : FACTURE D'ÉNERGIE DE L'ENTREPRISE DE DÉCEMBRE 2019 .....	92
ANNEXE 5 : CONSOMMATION TOTALE PAR JOUR .....	93
ANNEXE 6 : CALCUL DE LA RPC DE L'INSTALLATION SOLAIRE .....	94
ANNEXE 7 : ENTRETIEN VENDEUR DE VOITURES .....	95
ANNEXE 8 : FRAIS D'ENTRETIEN ET CONSOMMATION DES VÉHICULES ACTUELS ....	97
ANNEXE 9 : BORNE DE CHARGEMENT POUR VOITURES ÉLECTRIQUES .....	99
ANNEXE 10 : COÛT CUMULÉ PAR TYPE DE VÉHICULE .....	100
ANNEXE 11 : CALCUL DE LA VAN POUR LES VOITURES ÉLECTRIQUES .....	101
ANNEXE 12 : QUESTIONNAIRE PARTIE GÉNÉRAL .....	103
ANNEXE 13 : QUESTIONNAIRE POUR LES CHAUFFEURS .....	106
ANNEXE 14 : QUESTIONNAIRE POUR LES EMPLOYÉS DE BUREAU.....	107
ANNEXE 15 : QUESTIONNNAIRE POUR LES LOGISTICIENS .....	109
ANNEXE 16 : QUESTIONNNAIRE POUR LES CARRELEURS.....	110
ANNEXE 17 : QUESTIONNAIRE POUR LES CONSEILLERS À LA CLIENTÈLE .....	111
ANNEXE 18 : CHARTE POUR LES EMPLOYÉS DE BUREAU .....	112
ANNEXE 19 : DOCUMENTS DE SUISSEENERGIE POUR LES NOUVEAUX PV.....	113
ANNEXE 20 : CALCUL DU TEMPS DE REMBOURSEMENT DES NOUVEAUX PV .....	115
ANNEXE 21 : ENTRETIENS VENDEURS DE CAMIONS-GRUES.....	116
ANNEXE 22 :ENTRETIEN VENDEUR DE CHARIOTS ÉLÉVATEURS .....	122
ANNEXE 24 : EXEMPTION RPLP.....	125
ANNEXE 25 : PLANIFICATION .....	126
ANNEXE 26 : LISTE DES CONTACTS .....	127
ANNEXE 27 : SUJET ET MANDAT DU TRAVAIL DE BACHELOR .....	128

## 1. Introduction

Le développement économique moderne actuel est issu du processus d'industrialisation des deux derniers siècles. Il se nourrit principalement des énergies fossiles comme le pétrole, le gaz ou le charbon ou encore des énergies fossiles comme l'uranium pour les centres nucléaires. Ces énergies sont abondantes et bon marché. Cependant, elles sont néfastes pour l'environnement. Les énergies renouvelables ont été marginalisées par les pays industrialisés (Carbonnier & Grinevald, 2011). Cependant, le changement devra être effectué étant donné que les ressources en pétrole ne sont pas infinies.

Pendant longtemps, il n'a jamais été question de douter des réserves de pétrole parce que les nouvelles techniques de production permettaient sans cesse d'explorer de nouveaux gisements. Mais, depuis quelques années, la demande a rattrapé les capacités de production. Ce phénomène explique les mouvements des prix du pétrole. Certaines régions de production dont la mer du Nord sont en déclin de production à cause du tassement des puits. Les nouvelles ressources découvertes nécessitent beaucoup d'investissements et d'innovations ce qui engendre un coût financier important. Ce dernier se répercute sur les prix du pétrole. (Copinschi, 2014)

Le prix du pétrole est très volatile. Par exemple, les chocs pétroliers peuvent en effet causer des hausses de prix importantes. Les prix du pétrole sont fortement influencés par les membres de l'organisation des pays exportateurs de pétrole plus connue sous le nom de l'OPEP. (Chevalier, 2010)

La récente crise du Covid-19 a démontré toutes les limites du prix du pétrole avec ses fortes chutes de prix. Pendant les baisses de consommation du pétrole dues au confinement, l'OPEP et la Russie ont convenu un accord afin de baisser leur production de 9,7 millions de barils (1 baril correspond à 159 litres) par jour à partir de mai 2020. De nouvelles baisses de production seront également convenues d'ici mai 2022. Voici ci-dessous un récapitulatif en cinq étapes des faits marquants liés au monde du pétrole pendant le Covid-19 (Tarrit, 2020) :

1. La Russie refuse de baisser sa production donc l'Arabie Saoudite augmente sa production de 1,5 millions de barils par jour et elle est suivie par quelques pays membres de l'OPEP.
2. Le Covid-19 fait diminuer la demande mondiale, mais alors que la demande baisse, l'offre de pétrole augmente ce qui crée une offre excédentaire de 20 millions de barils et une perte des profits.
3. L'Arabie saoudite gagne des parts de marché parce que son coût de production est

très faible par rapport à celui de la Russie ou des Etats-Unis.

4. Accord signé entre la Russie et l'Arabie Saoudite
5. Mi-avril, en raison de la forte baisse de la consommation mondiale (environ 1 tiers), la valeur du prix du baril à New-York est négative. Cela signifie qu'il faut payer pour vendre du pétrole. Ces prix négatifs sont dus au stockage. Certains centres de stockage devaient refuser leur approvisionnement déjà payé. Ils ont dû alors payer pour que d'autres achètent ce pétrole. Il y a souvent des prix négatifs dans la production d'énergie renouvelable, mais pour le pétrole, ce fut une première.

La combustion de produits dérivés du pétrole comme l'essence ou le Diesel génère des émissions de CO<sub>2</sub> qui polluent l'air et qui sont étroitement liées au réchauffement climatique. Pour lutter contre les émissions de CO<sub>2</sub>, la Confédération suisse a mis en place sa *Stratégie de 2050*. En se ratifiant à l'accord de Paris, la Suisse s'est engagée à diminuer ses émissions de gaz à effet de serre de 50% d'ici 2030 par rapport à son niveau en 1990 (OFEN, 2020). Cette stratégie vise des objectifs ambitieux qui devraient être atteints avec des installations plus efficaces énergétiquement. Dans le domaine du transport, la Confédération préconise la mobilité électrique ou l'usage des transports en commun. Le canton du Valais a également édicté sa stratégie nommée *Agenda 2030* afin de contribuer à la réalisation des objectifs de la Confédération. Leurs principales actions sont la construction de plusieurs bornes de recharge et la mise en place d'une subvention ou encore d'une exonération d'imposition (Canton du Valais, 2019). La taxe CO<sub>2</sub> ou l'imposition des carburants sont des taxes incitatives visant à promouvoir le changement vers des modes de propulsion alternatifs. Après les dernières votations du Conseil national, la taxe CO<sub>2</sub> sur les carburants devrait augmenter considérablement d'ici 2025 (Mombelli, 2020).

Pour l'approvisionnement en pétrole, la Suisse est totalement dépendante des autres pays producteurs. Cependant, en Suisse, il est aussi possible de produire de l'énergie locale et propre grâce au soleil, l'eau, le vent ou la biomasse. En produisant de l'énergie localement, la Suisse ne dépend plus exclusivement des autres pays et cela crée de la valeur ajoutée pour le pays. De plus, cela génère des emplois et évite que l'argent des Suisses soit utilisé dans d'autres pays.

En Valais, le rayonnement solaire moyen par m<sup>2</sup> est largement supérieur à celui de la Suisse, ce qui offre au canton un potentiel économique pérenne s'il utilise cette ressource afin de créer de l'énergie (EASI, 2010). Cette énergie pourrait remplacer le pétrole dans la mobilité. Le surplus de courant électrique pourrait être passé dans de l'eau afin d'avoir de l'hydrogène sous forme de gaz. Ce dernier peut aussi être utilisé dans la mobilité et serait une solution

pour le stockage de l'électricité. En 2018, 37,8% de la consommation énergétique de la Suisse était dédiée aux transports et 50,6% de la consommation d'énergie provenait sous forme de combustibles pétroliers et de carburants. L'énergie consommée sous forme d'électricité représente 25% et elle provient à 59,9% des centrales hydrauliques, 33,5% des centrales nucléaires et 2,3% des centrales thermiques conventionnelles non-renouvelables (Conseil fédéral, 2019). A l'avenir, le gouvernement souhaite diminuer drastiquement la consommation d'énergie fossile et augmenter celle des énergies renouvelables. Ce changement nécessite une hausse de la production d'énergie renouvelable et une baisse de la consommation d'énergie de la part de la population suisse.

En parlant de consommation électrique, plusieurs petits changements d'habitude au quotidien permettraient de faire baisser la consommation de tout un chacun. Dans le monde professionnel, les charges liées à la consommation d'énergie sont souvent les pires dans une comptabilité parce qu'elles sont fixes et indirectes. Cela signifie que même si un produit non rentable est supprimé, les charges d'énergie resteront et celles-ci ne sont pas répercutées directement sur le prix de vente des produits. Si une entreprise peut transformer cette charge en création de valeur, cela peut avoir des avantages conséquents. Cependant, cette création de valeur est difficilement quantifiable.

## **1.1 Objectif de l'étude**

Cette étude a pour objectif de diminuer les consommations de pétrole de l'entreprise tout en assurant le bon fonctionnement de cette dernière. Le but est d'effectuer une étude de marché sur les modes de propulsion alternatifs existants pour les voitures, les chariots élévateurs et les camions-grues. Une analyse comparative basée sur plusieurs indicateurs de performance et de rentabilité permettra à l'entreprise de se faire un point de vue général sur les possibles alternatives vers lesquelles elle devrait se tourner. Une analyse de la production solaire et de la consommation d'énergie sera effectuée afin de savoir s'il serait possible de créer un regroupement de consommation propre (RCP).

Les changements proposés auront pour but de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> de l'entreprise sans compromettre le bien-être des employés et peut-être même en leur apportant un peu plus de confort. Le but de cette étude est de permettre à l'entreprise de devenir moins dépendante des énergies fossiles et d'augmenter leur autoconsommation. Des recommandations et un plan d'action seront proposés à l'entreprise, afin que cette dernière ait une vision externe.

## **1.2 Motivations**

Mes motivations pour le choix de ce sujet sont multiples. Les cours de mon option principale Energy Management m'ont réellement captivé et cela m'a motivé à choisir un thème dans le domaine de l'énergie. D'autre part, ayant effectué toute ma formation d'économiste d'entreprise, sortir des sentiers battus en se concentrant sur un thème qui s'éloigne un peu de celui de l'économie m'a fortement intéressé. Cela m'a permis de récolter plus d'informations dans plusieurs sujets qui me tiennent à cœur, le développement durable et les énergies renouvelables. Appliquer les notions théoriques acquises durant les cours et la pluridisciplinarité du thème est également un élément qui m'a stimulé. Ce travail fût une réelle découverte de certaines facettes du monde de la mobilité que je ne connaissais que très peu comme le fonctionnement des chariots élévateurs ou des camions-grues. J'espère que mon travail sensibilisera les personnes sur les défis liés à la mobilité et les fera repenser leur manière de se déplacer parce que le mode de fonctionnement actuel n'est pas viable sur le long terme comme expliqué au point 1.

## **1.3 Structure du rapport**

Entre l'introduction et la conclusion, ce rapport est réparti en sept parties que voici :

1. Analyse de la consommation et de la production solaire de l'entreprise
2. Etude des solutions actuelles possibles dans la mobilité électrique
3. Présentation des batteries au lithium
4. Analyses comparatives des solutions étudiées au point 2 pour connaître la solution la plus adaptée à l'environnement de l'entreprise
5. Présentation des différentes taxes et impôts afin de savoir s'il y a une baisse de l'impôt pour les propulsions alternatives
6. Analyse interne d'une transition énergétique via un questionnaire envoyé aux collaborateurs
7. Recommandations et plan d'action afin d'aider l'entreprise dans sa prise de décision en ayant un avis externe

## **1.4 Notions théoriques**

Tout au long du travail, plusieurs notions théoriques seront utilisées. Celles-ci sont du domaine de l'énergie, du domaine financier ou du vocabulaire utilisé par les spécialistes de la branche.

### 1.4.1 Notions théoriques : partie énergie

Tableau 1 - Formulaire

Mesure de la puissance	Watt (W)	Unité de puissance. Il s'agit de la quantité d'énergie électrique consommée par seconde.
	Kilowatt (kW)	1'000 Watts
	Mégawatt (MW)	1'000'000 Watts
Mesure de l'énergie	Watt-heure (Wh)	Unité de l'énergie électrique totale consommée Puissance · temps
	Kilowatt-heure (kWh)	1'000 Watts-heure
Capacité de fournir une intensité de courant électrique	Ampère-heure (Ah)	$Ah \cdot \text{tension (V)} = Wh$
Tension électrique	Volt (V)	230 V prise de type J (standard)
	Ampère (A)	Intensité du courant
Energie	Joule (J)	1 Watt = 1 Joule par seconde

**Source : Tableau de l'auteur provenant de Hellowatt, Watt, watt-heure, volt, ampère, voltampère : kézako ?, (2020)**

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) : Il s'agit d'une molécule linéaire composée d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène. Dans l'air, il est présent sous forme gazeux qui est le gaz carbonique et il fait partie des gaz à effet de serre (GES). Il est produit lors des processus de combustion, par exemple la combustion d'essence ou de Diesel, pour faire fonctionner les voitures thermiques. (Futura sciences, 2020)

Rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC) : système d'aide visant à soutenir la production d'énergies renouvelables. Cette rétribution est calculée en kWh/CHF. Cette redevance (maximum 2,3 Ct./kWh) est présente dans toutes les factures d'énergie des consommateurs et est ensuite redistribuée aux producteurs à un prix donné par kWh selon l'installation. Maintenant, cette aide se nomme SRI (Système de rétribution de l'injection), mais l'abréviation RPC sera utilisée dans ce rapport. (Pronovo, s. d.)

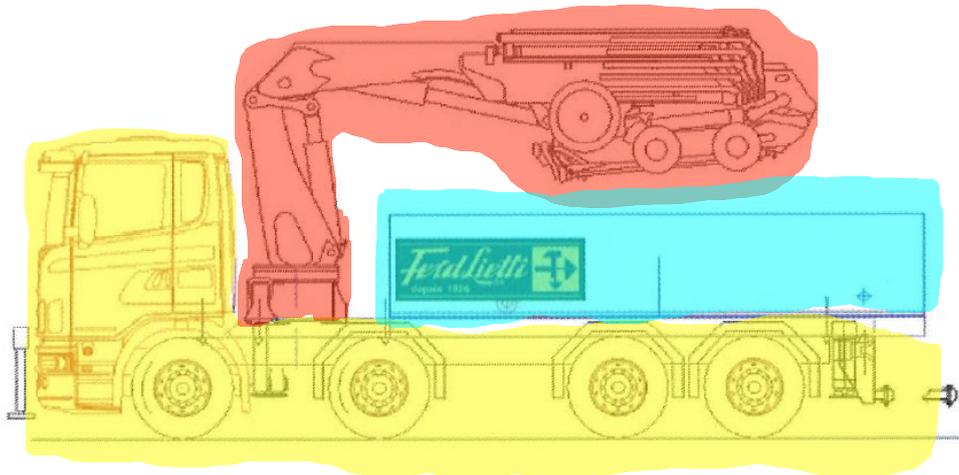
Rétribution unique (RU) : Il est question d'une rétribution qui se compose de deux parties, une contribution de base qui est versée une fois pour chaque installation et une deuxième contribution liée à la puissance, qui dépend de la puissance installée. (Pronovo, s. d.)

Poids total autorisé en charge (PTAC) : Cela correspond au poids maximal que le véhicule ne doit pas dépasser quand il roule. Il correspond au poids du véhicule auquel est additionné le poids du conducteur et le poids du chargement. Tous les véhicules roulant en surcharge peuvent être amendés. Cela détériore également plus rapidement l'état du véhicule et peut ainsi causer des accidents. (TCS, 2013)

Norme « Nouveau cycle européen de conduite » (NEDC) : Les constructeurs automobiles utilisent ce cycle pour calculer les consommations des véhicules et les émissions de polluants. Cependant, ce cycle n'est pas totalement représentatif de la réalité parce qu'il ne prend pas en compte les consommations des équipements optionnels du véhicule (autoradio, climatisation, essuie-glace) et les comportements des utilisateurs (feux rouges fréquents en ville, accélérations agressives, ...). Une défaveur pour l'usage réel est évaluée entre 15% et 20%. On nomme ce phénomène le *on road gap factor* (Vogt-Schilb, Guivarch & Hourcade, 2013). Ce gap est le même pour les véhicules électriques que les véhicules thermiques. Les données sont récoltées par un test effectué sur des bancs à rouleaux avec des phases d'accélération et de freinages afin de simuler au mieux le comportement des utilisateurs (Moser 2018).

#### 1.4.2 Vocabulaire camion

Figure 1 - Schéma camion actuel



Source : Offre de SCANIA pour le camion actuel (2017)

Dans ce travail, pour la partie concernant les camions, des termes spécifiques et non-courants seront utilisés. Voici une liste qui comporte une définition détaillée de chaque terme spécifique afin de favoriser la compréhension. L'image présentée ci-dessus permet d'illustrer ces définitions.

- Châssis cabine : Toute la partie représentée en jaune sur l'illustration correspond au châssis cabine. Ce dernier est vendu par les marques de camions. La marque est représentée généralement à l'avant du camion (SCANIA, Mercedes, MAN). La cabine est la partie où le chauffeur conduit le camion.
- Grue : La partie rouge sur l'illustration est la grue. Elle peut se situer directement derrière la cabine du chauffeur ou au fond du camion, derrière le pont. La puissance des grues est exprimée en tonne / mètre (t.m.). Cette mesure reste théorique parce qu'elle dépend du poids de la grue elle-même et de sa position sur le camion. Une grue de 20 t.m. peut lever 5 tonnes à 4 mètres ( $5 \times 4 = 20$ ). La longueur est exprimée en mètre (m) et en nombre de rallonges. Plus la grue est longue, plus il y a une perte de capacité de levage à cause du poids des rallonges. (Groupe Noblet 2016)
- Pont : Celui-ci équivaut à la partie bleue de l'image. C'est à cet endroit que le chargement du camion sera placé. Cette partie du camion est en alu et protégée par des ridelles qui l'entourent. La hauteur des ridelles est exprimée en mètre.
- Essieu : Il représente le nombre d'axes de roues que comprend le camion. Par exemple, sur la l'illustration ci-dessus, il y en a 4, ce qui correspond à 8 roues.
- Empattement : Il s'agit de la distance en millimètre (mm) entre chaque essieu du camion.

### 1.4.3 Notions théoriques : partie économie

Les notions théoriques concernent des fonctions servant à calculer, avec l'aide de variables, si un investissement est rentable ou sa durée de remboursement.

#### 1.4.3.1 Payback period ou du durée de remboursement

Il est calculé sur la base des cash-flows cumulés par rapport à l'investissement initial. Cet indicateur est généralement exprimé sous forme d'année (Lebidois, 2013). Pour que l'investissement soit positif, il faut que la durée de remboursement soit inférieure à la durée de vie du bien. La formule suivant est utilisée pour calculer cette indicateur :

$$\text{Payback period} = \frac{\text{Investissement total}}{\text{Cash - flows cumulés}}$$

### 1.4.3.2 Valeur actuelle nette (VAN)

« Dans le calcul de la VAN, les cash-flows actualisés à la date de mise en service sont confrontés au capital engagé. » (Leimgruber, 2015, p. 143). Cela signifie que la VAN va indiquer si les cash-flows générés lors de la durée d'utilisation seront suffisants pour combler l'investissement. S'ils sont suffisants, la VAN sera positive ce qui montre que l'investissement est rentable. Voici la formule utilisée généralement :

**Figure 2 - Formule de la VAN**

$$\text{Valeur actuelle nette (VAN)} = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^t} - C_0$$

CF<sub>t</sub>    Excédent de recettes (cash flow) à l'année t  
K<sub>0</sub>    Capital investi au moment de la mise en service  
p        Taux d'intérêt  
Indice t    Années individuelles de 1 à n  
n        Durée d'utilisation

**Source : La comptabilité comme instrument de gestion (Leimgruber, 2015)**

Dans ce travail, la formule de VAN via le programme Excel sera utilisé.

## **2. Présentation du contexte**

### **2.1 Présentation de Ferd. Lietti SA**

L'entreprise Ferd. Lietti SA est une entreprise valaisanne située à Sion active dans le secteur de la construction. Actuellement, elle emploie 60 collaborateurs. L'entreprise a été fondée en 1926. Depuis sa création, l'entreprise a su s'adapter aux différents changements de consommations et socio-démographiques auxquels elle a été confrontée. L'écologie fait partie intégrante de la stratégie de l'entreprise, ce qui peut être confirmé par ses installations actuels. En 2009, elle a entièrement changé son système de chauffage et de climatisation pour une production 100% énergie renouvelable avec une pompe à chaleur qui utilise l'eau de la nappe phréatique. En 2012, elle a équipé l'intégralité de ses toits avec des panneaux solaires photovoltaïques. Pour cette dernière installation, l'entreprise a profité des aides étatiques de rétribution à prix coutant (RPC) et de rétribution unique (RU).

L'entreprise est ouverte tous les jours de semaine de 7h00 à 11h45 et de 13h00 à 17h30 et le samedi de 8h30 à 12h30. (Communication personnelle, Pierre-Alain Lietti) De plus, elle consomme actuellement plus de 100 MWh par année ce qui lui permet de bénéficier de l'ouverture du marché de l'électricité. Elle est considérée comme un « consommateur captif » au sens de l'article 6, alinéa 2 de la loi sur l'approvisionnement de l'énergie (LApEI, 2019). Ceci permet à l'entreprise de choisir son fournisseur d'électricité et donc de bénéficier d'un prix inférieur à celui pratiqué par OIKEN. Cependant, dans ce travail, une ouverture du marché ne va pas être prise en compte, car dans la majeure partie des cas, les tarifs les moins chers proviennent des productions les plus polluantes.

Les panneaux solaires sont des modules monocristallins. Ces derniers, positionnés sur le toit, captent le rayonnement solaire et le transforment en courant continu. Ensuite, l'énergie en courant continu est transformée en courant alternatif par un micro-onduleur. Cette transformation est nécessaire afin de permettre la consommation ou la revente des kWh produits. (Photosun, 2019) Un compteur permet de mesurer la production et la consommation d'électricité prélevée sur le réseau.

### **2.2 Véhicules actuels**

Au 30 mars 2020, l'entreprise possédait onze voitures pour les carreleurs et six voitures pour les représentants et autres corps de métiers. Concernant les entrepôts, ils utilisent sept chariots élévateurs dont trois sont déjà électriques. Pour les transports de marchandises, ils disposent de deux fourgons et de deux camions-grues.

Les voitures sont utilisées par les carreleurs. Ces derniers les utilisent afin de poser du

carrelage chez les clients. Les voitures font peu de kilomètres par jour. Les carreurs partent le matin depuis l'entrepôt jusque chez le client et reviennent tous les soirs à l'entrepôt. Ces voitures de type petit utilitaire doivent avoir de la place dans le coffre afin que tous les outils de travail puissent y être entreposés. Leurs outils et le matériel qu'ils transportent pèsent environ 150 kg. Cela correspond approximativement à deux personnes adultes. De plus, comme ces collaborateurs travaillent sur des chantiers, les camionnettes doivent résister à la poussière.

Les chariots élévateurs circulent uniquement dans les locaux de l'entreprise à Sion. Les trois chariots élévateurs électriques sont utilisés uniquement pour les déplacements à l'intérieur des halles de stockage. Les quatre autres font les déplacements entre les halles et les places extérieures de l'entrepôt.

La mission première des camions-grues est de déposer le matériel sur les chantiers. Le principal point faible de ce dernier est le suivant : lorsque qu'il est sur un chantier et qu'il faut utiliser la grue, le moteur doit continuer à tourner afin de la faire fonctionner. Actuellement, l'entreprise possède un camion Scania 4 essieux 4x4 avec une grue à verin hydraulique pliable pouvant aller jusqu'à 17 mètres. Le pont est en alu et mesure 5,3m de long et 2,55m de large avec une ridelle de 1m de hauteur. Elle possède également un camion-grue Mercedes. Les camions font partie de la norme antipollution EURO 6, norme à laquelle tous les véhicules mis en circulation en Suisse doivent répondre afin de réduire leurs émissions de particules. A l'avenir, certains véhicules répondant à une norme antipollution trop ancienne auront un accès restreint ou interdit à certains centres de grandes villes (TCS, 2020a).

Les bases de calcul s'effectueront principalement sur les consommations des voitures des carreurs car il s'agit des seuls véhicules pour lesquels les chiffres des consommations des deux dernières années sont disponibles. Concernant les élévateurs, les fourgons et les camions, une étude de marché de ce qui existe actuellement comme technologie à propulsion électrique a été réalisée dans ce travail.

### **2.3 Analyse de la production solaire**

Avant d'analyser les données de la production solaire, il est important de rappeler que l'énergie solaire est une énergie fatale (Genoud, Cimmino & Previdoli, 2014). Cela signifie qu'elle est dépendante des conditions météorologiques. Les PV sont donc dépendants du rayonnement solaire. Les auteurs cités précédemment affirment également que pour l'instant, l'électricité ne se stocke pas à prix raisonnable, donc l'énergie produite par les panneaux solaires doit être directement utilisée ou elle sera réinjectée sur le réseau.

Concernant l'installation solaire de l'entreprise, elle comprend deux parties distinctes :

- Une installation en rétribution unique
- Une installation en rétribution à prix coûtant

La production de l'installation mise en place avec le système de la rétribution à prix coûtant est entièrement réinjectée sur le réseau sans possibilité d'autoconsommation pour l'entreprise. La production d'énergie de la centrale avec la RU produit environ l'équivalent de 15% de celle de la RPC. Cependant, cette production peut être directement consommée par l'entreprise et le surplus est également réinjecté sur le réseau.

Cette partie du rapport a été réalisée sur la base des chiffres communiqués par Energie Sion Région (ESR), actuellement OIKEN, concernant les courbes de charges journalières des années 2017, 2018 et 2019 et les courbes de charges au quart d'heure des années 2019 et 2020. Les données au quart d'heure sur l'année 2019 ont particulièrement été exploitées dans cette analyse. Les données du début de l'année 2020 n'ont pas été utilisées car elles pouvaient être tronquées à cause de la période de confinement due aux restrictions liées au Covid-19.

Les chiffres clés de l'année 2019 sont représentés ci-dessous. La consommation correspond à la demande de courant de l'entreprise venant depuis le réseau. La consommation propre est la consommation qui n'est pas passée par le compteur parce qu'elle provient de la production RU. La réinjection est le courant électrique produit par l'entreprise mais qui n'a pas pu être consommé et qui est donc revendu à OIKEN. Afin de réaliser les prochains calculs, uniquement les chiffres arrondis vont être pris en compte :

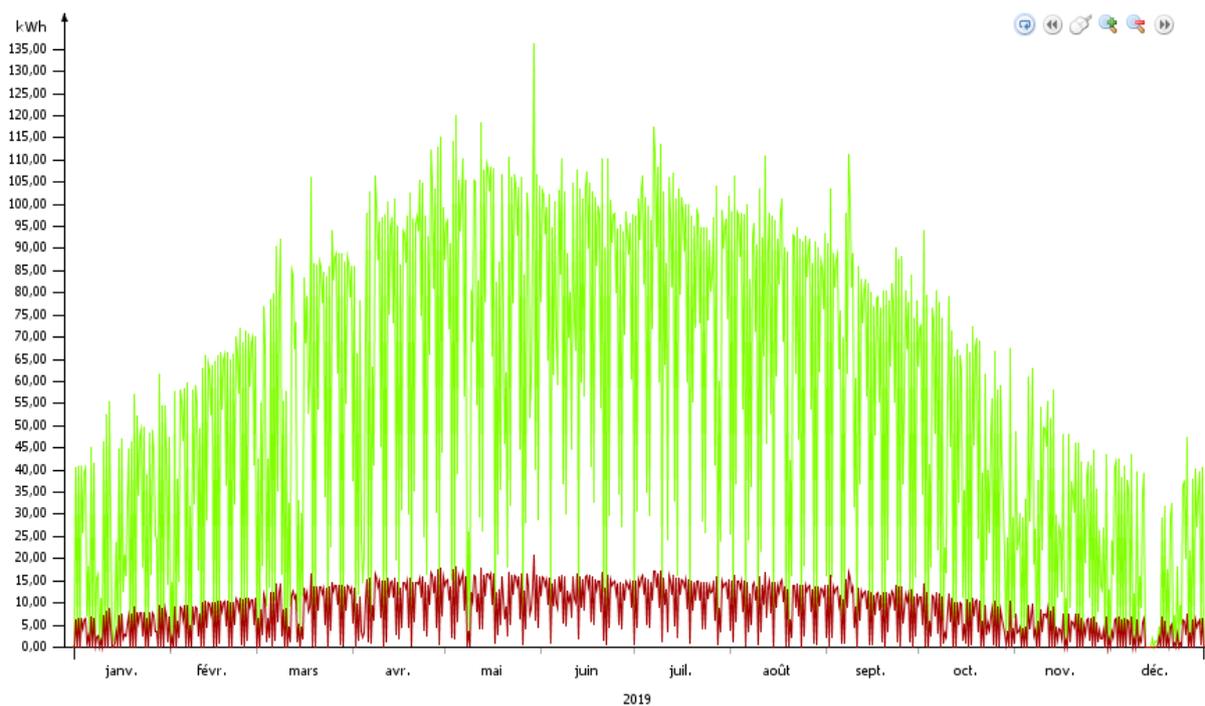
**Figure 3 - Chiffres clés de la production et de la consommation d'électricité**

<b>Intitulé</b>	<b>Valeur initiale</b>	<b>Valeur arrondie</b>
Production RPC	666'201 kWh	650'000 kWh
Production RU	100'932 kWh	101'000 kWh
Consommation	143'707 kWh	143'000 kWh
Réinjection	30'206 kWh	30'000 kWh
Consommation propre	70'726 kWh	71'000 kWh
Consommation totale	214'434 kWh	214'000 kWh

**Source : Tableau de l'auteur après l'analyse des courbes de charges reçues par OIKEN**

Dans le graphique ci-dessous, les saisons sont facilement distinguables. En été, la production par jour dépasse régulièrement les 3'500 kWh pour la RPC et 525 kWh pour la RU. En hiver, la production descend rarement en dessous des 500 kWh (RPC) et des 75 kWh (RU) par jour. La production annuelle est relativement similaire entre les années et elle approche les 650'000 kWh (RPC) et 101'000 kWh (RU). La courbe rouge représente la centrale en RU et la courbe verte celle en RPC.

**Figure 4 - Production solaire RPC (vert) et RU (rouge)**



**Source :Données de l'auteur provenant des courbes de charges fournit par OIKEN**

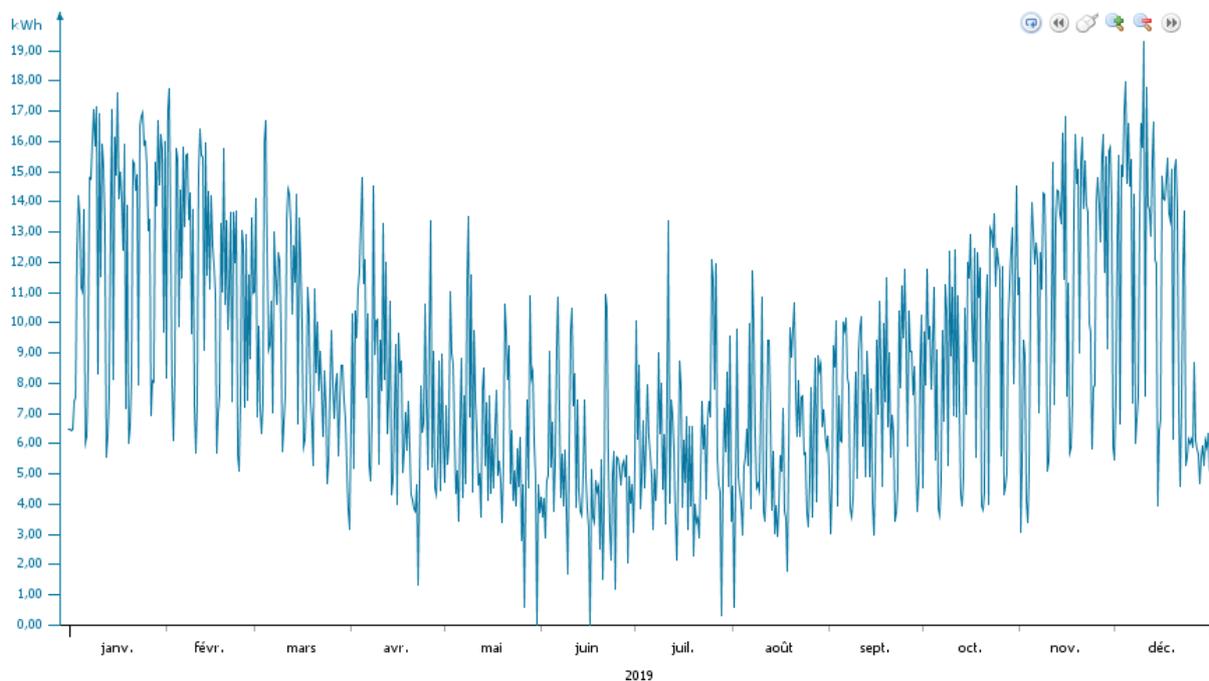
Un des problèmes identifiables à travers ce graphique est qu'en hiver, les panneaux solaires sont parfois recouverts de neige et de ce fait, ils ne produisent pas d'énergie. Une solution pourrait être que dès qu'il y a des chutes de neige, un employé se charge d'aller retirer la neige qui recouvre les panneaux solaires photovoltaïques (PV). Cette manœuvre est déconseillée parce qu'elle est dangereuse et soumise à plusieurs réglementations. Les PV n'ont pas produit d'énergie durant 55 jours depuis 2012, ce qui représente environ 7 jours par année.

Dès à présent, les analyses qui suivront vont se concentrer principalement sur la production de la centrale en RU parce que l'énergie produite peut être consommée directement par l'entreprise.

## 2.4 Analyse de la consommation

La consommation d'énergie de l'entreprise est relativement élevée en hiver et basse en été. A ces chiffres de la consommation électrique, il faut encore ajouter la part d'autoconsommation de la production solaire des panneaux installés à l'aide de la RU. Ce phénomène explique pourquoi la consommation est plus élevée en hiver : les panneaux solaires produisent moins d'énergie comme expliqué au point précédent. Une analyse de la consommation d'énergie par rapport à la température extérieure a été effectuée (annexe 1). Elle montre une certaine corrélation entre la température et la consommation du courant du réseau. Plus la température est élevée, plus la consommation d'énergie est faible et inversement.

**Figure 5 - Consommation prélevée sur le réseau**



**Source : Données de l'auteur provenant des courbes de charges fournit par OIKEN**

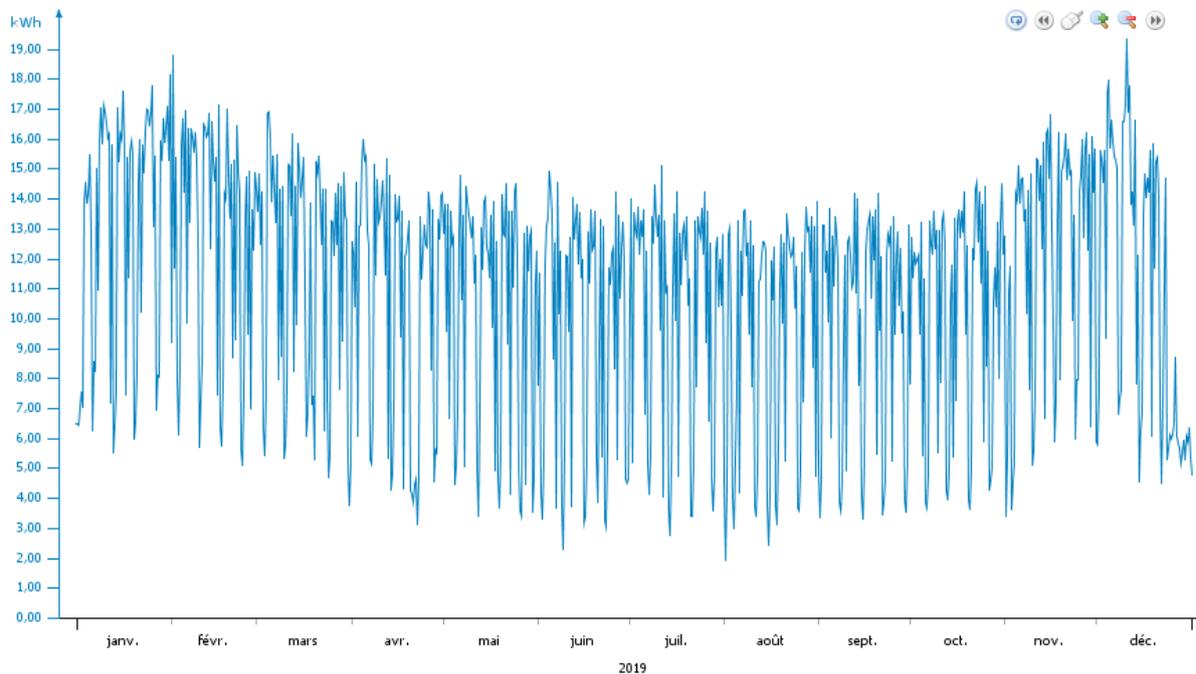
Afin d'obtenir la consommation totale du bâtiment, la formule suivante a été appliquée :

$$\text{Consommation totale} = \text{Consommation} + (\text{Production RU} - \text{Réinjection})$$

Cette formule a été utilisée car la courbe de charge d'autoconsommation n'était pas connue. Au contraire, la courbe de charge du courant réinjecté sur le réseau était établie. Afin de déterminer l'autoconsommation, il a suffi de soustraire la réinjection à la production solaire. En additionnant la consommation à l'autoconsommation, il est possible d'obtenir la

consommation totale des bâtiments, ce qui donne le résultat suivant :

**Figure 6 - Consommation totale de l'entreprise**

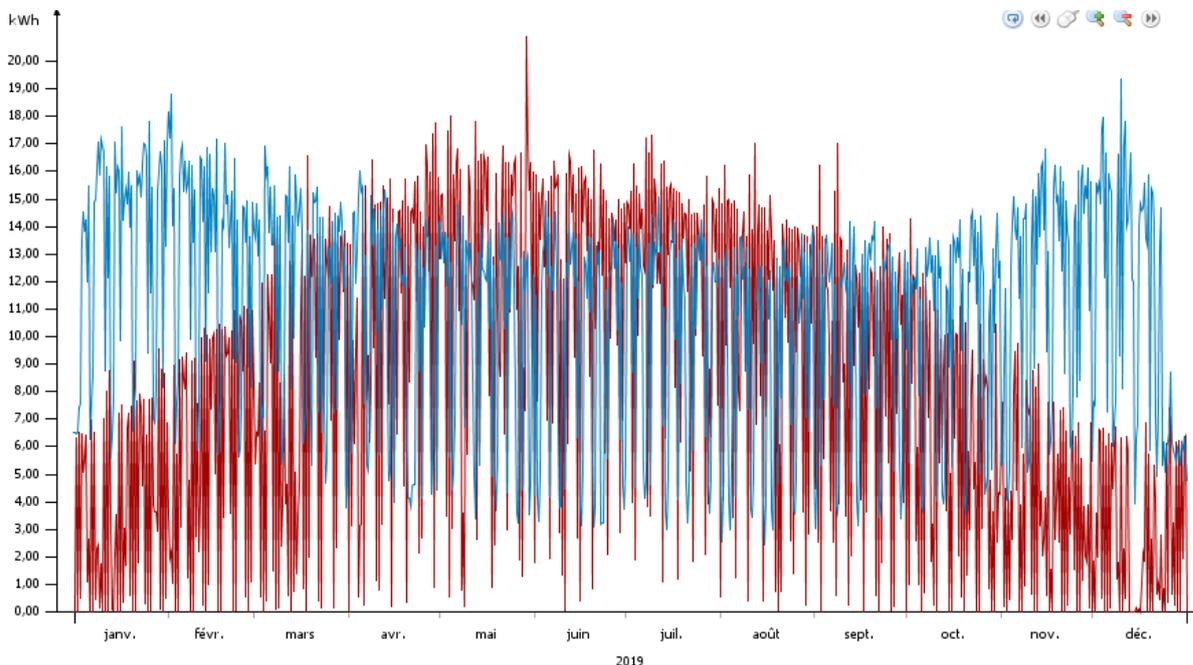


**Source : Données de l'auteur provenant des courbes de charges fournit par OIKEN**

Dans le figure ci-dessus, en comparaison avec la figure 5, il est aisément remarquable que la demande en énergie est relativement stable tout au long de l'année avec une très légère baisse durant les mois d'été. Il faut tout de même noter que les consommations dépassent rarement les 800 kWh par jour et que l'énergie ruban dont l'entreprise a besoin est d'environ 180 kWh par jour.

En conclusion, grâce à ce graphique, on peut constater que l'entreprise produit bien plus que ce qu'elle consomme si les deux centrales PV sont prises en compte. Cependant, si uniquement la centrale RU est prise en considération, sa production de 101'000 kWh est inférieure à la consommation totale de l'entreprise qui est de 214'000 kWh. Sur la prochaine figure, il est possible de mettre en évidence le fait que la production RU (courbe rouge) est légèrement supérieure à la consommation totale (courbe bleu) lors des mois d'avril à septembre. Au contraire, durant les mois d'hiver, elle est largement inférieure.

**Figure 7 - Consommation RU (bleu) et production RU (rouge) sur l'année 2019**



**Source : Données de l'auteur provenant des courbes de charges fournit par OIKEN**

## 2.5 Autoconsommation

Comme cité précédemment, afin de calculer l'autoconsommation, les données de la production RU ont été soustraites au courant réinjecté ce qui permet d'obtenir l'autoconsommation à travers la formule suivante :

$$\text{Consommation propre} = \text{Production RU} - \text{Réinjection}$$

La consommation propre correspond à 71'000 kWh. Cette valeur permet de calculer l'autoconsommation. D'ailleurs, la formule suivante a été utilisée :

$$\frac{\text{Consommation propre}}{\text{Production solaire}} \times 100 = \% \text{ Autoconsommation}$$

Ce qui permet d'obtenir une autoconsommation de 70%. L'autoconsommation est beaucoup plus élevée en hiver qu'en été. Comme on peut le voir à l'annexe 2, les jours où la réinjection de courant est la plus élevée sont les dimanches et les jours fériés. De plus, si on enlève de ce ratio les jours fériés et les dimanches, le degré d'autoconsommation se rapprocherait des 85%.

Grâce à cette formule, il est également possible de calculer le degré d'autosuffisance :

$$\frac{\text{Consommation propre}}{\text{Consommation totale}} \times 100 = \% \text{ Autosuffisance}$$

Le degré d'autosuffisance est de 33%. Ce degré est supérieur en été, par rapport à l'hiver, parce que la production est plus élevée et donc augmente la consommation propre.

La rentabilité des panneaux solaires est fortement influencée par le prix de l'électricité et le tarif de rachat fixé par OIKEN. Ces deux données permettent de calculer la part d'autoconsommation nécessaire afin d'atteindre une rentabilité de 2%, à l'aide du tableau à l'annexe 3 récupéré sur un document de SuisseEnergie (2017). Avec l'aide des tarifs d'OIKEN consultés sur leur site, il est possible d'établir les données suivantes : Oiken rachète le surplus à CHF 0,06 d'avril à septembre et à CHF 0,09 d'octobre à mars (OIKEN 2019). La différence entre les deux tarifs provient de la différence entre l'offre et la demande. L'entreprise réinjecte 25'000 kWh pendant la première période et 5'000 kWh durant la deuxième période.

**Tableau 2 - Quantité de production réinjectée dans le réseau par saison**

Période	Quantité	Tarif	Prix
Avril- Septembre	25'000 kWh	CHF 0,06	CHF 1'500.-
Octobre- Mars	5'000 kWh	CHF 0,09	CHF 450.-
Total	30'000 kWh	CHF 0,065	CHF 1'950.-

**Source : Données de l'auteur**

Grâce au tableau présenté ci-dessus, il est établi que le prix moyen de rachat sur l'année est de CHF 0,065. Cette mesure sera utilisée pour la suite du rapport.

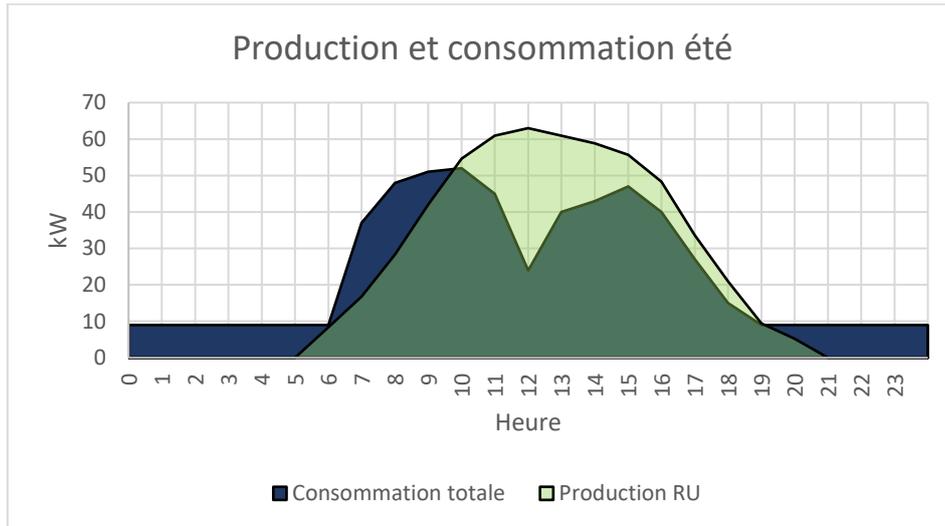
A l'aide de la facture de décembre 2019 de l'entreprise présente à l'annexe 4, le fait que l'entreprise est soumise au tarif puissance est mis en évidence. Le prix moyen du kWh sera arrondi à CHF 0,17. Cette valeur va être utilisée pour les prochains calculs.

Maintenant que ces deux chiffres ont été calculés, il est possible d'avancer que l'entreprise Ferd. Lietti doit avoir une autoconsommation qui se situe entre 60% et 80% pour atteindre une rentabilité de 2% des panneaux solaires photovoltaïques. A la suite du calcul de la part d'autoconsommation, on peut remarquer que l'installation solaire de l'entreprise a une rentabilité de minimum 2%. Plusieurs pistes afin d'augmenter l'autoconsommation vont quand même être développées dans ce travail. Une autoconsommation plus élevée ne peut pas avoir un effet négatif sur la rentabilité des panneaux solaires, mais il vaut mieux revendre le courant que le gaspiller au sein de l'entreprise.

Ci-dessous, la consommation et la production d'une journée type de travail en été ainsi qu'une journée type de travail en hiver ont été modélisées. L'aire bleu correspond à la consommation totale, l'aire vert foncé à l'autoconsommation et l'air vert clair à la réinjection.

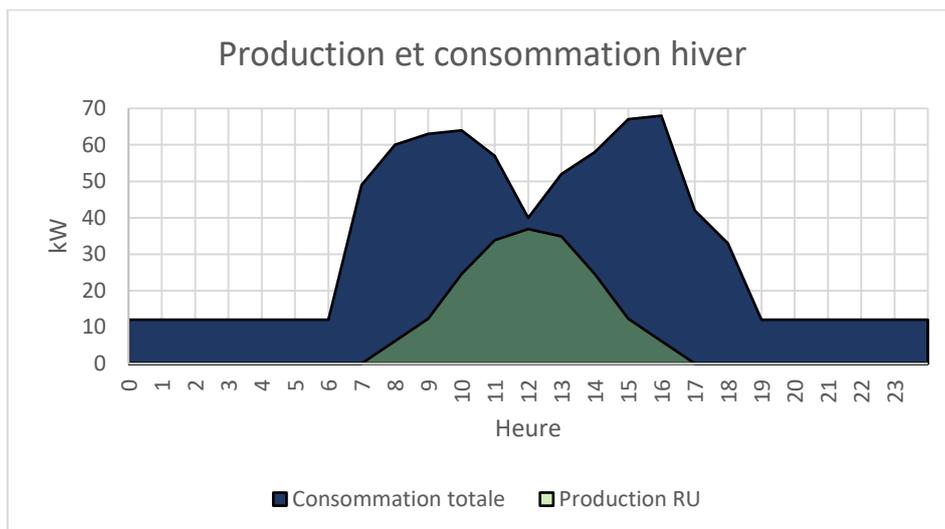
Comme expliqué précédemment, l'autoconsommation durant les jours d'hiver est quasi-totale et durant les jours d'été il y a une part de réinjection l'après-midi. Il y a une baisse de la consommation vers 12h ce qui correspond à la pause des employés. Pour le samedi, on peut observer assez facilement que les employés travaillent uniquement une demi-journée. Le descriptif de la consommation par jour peut être consulté en annexe 5.

**Figure 8 - Estimation de la production et de la consommation un jour d'été**



Source : Données de l'auteur

**Figure 9 - Estimation de la production et de la consommation un jour d'hiver**



Source : Données de l'auteur

## 2.6 RPC

Afin de trouver le montant que l'entreprise reçoit pour le courant qu'elle réinjecte sur le réseau via le système de la RPC, le site de l'entreprise Pronovo SA qui est une entreprise mandatée par la Confédération a été utilisé. Pour calculer le montant de la rétribution par kWh réinjecté, il a fallu calculer le kWc de l'installation. Ce résultat a été obtenu grâce aux informations de deux documents dont les dires se concordaient (Jaleran s. d.) et (Müller 2003). Le descriptif complet des calculs se trouve à l'annexe 6. En résumé, il faut considérer que pour produire 1000 kWh par année, il faut un 1 kWc ce qui représente 8 m<sup>2</sup>. Par cela, on obtient une puissance de 650 kWc et une surface de 5200 m<sup>2</sup>. Ce chiffre a été comparé avec la surface calculée sur le site du cadastre sédunois et une surface de 4975 m<sup>2</sup> est obtenue (Ville de Sion, 2020). La différence entre tous les calculs étant inférieure à 5%, il est possible de juger ce calcul comme étant représentatif de la réalité.

Un montant de CHF 0.345 par kWh sur une durée de 25 ans a été calculé, ce qui correspond à CHF 224'250.- pour une production de 650'000 kWh.

### 3. Les solutions étudiées

Toutes les possibilités de mobilité qui pourraient accroître l'autoconsommation d'électricité et qui permettraient à l'entreprise de s'orienter vers la mobilité électrique comme les voitures électriques, les chariots élévateurs électriques, les fourgons électriques et les camions-grues électriques ont été étudiées. Pour tous les véhicules cités précédemment, sauf les chariots élévateurs électriques, les batteries se trouvent dans leur totalité sous le véhicule afin qu'il y ait un centre de gravité bas parce que ces dernières sont bien plus lourdes que du carburant. Cette position des batteries offre une répartition des masses qui favorise la stabilité dynamique du véhicule. Comme mentionné auparavant, la plupart des véhicules de l'entreprise sont dépendants des énergies fossiles et émettent beaucoup de CO<sub>2</sub>. Ce modèle n'est donc pas viable à long terme et une nouvelle vision de la mobilité doit être développée. Dans ce travail, uniquement les solutions à propulsion électrique seront étudiées afin d'augmenter la rentabilité de l'installation solaire présente sur les toits des bâtiments de l'entreprise.

L'électricité peut aussi être stockée sous forme de gaz par l'hydrogène et ensuite réutilisée avec des véhicules à moteur électrique avec une pile à combustible fonctionnant à l'hydrogène. Mais, cette technologie n'a pas été développée dans ce travail à cause des coûts de production de l'hydrogène qui sont très élevés. De plus, produire de l'hydrogène à partir de la production solaire nécessite, pour l'entreprise, de grandes installations. En Valais central, il n'y pas de station de recharge à hydrogène. C'est pour cette raison que les alternatives à l'hydrogène ne vont pas être étudiées. Cette alternative devrait être réétudiée par l'entreprise dans le futur, dans environ 5 ans, afin de faire un nouvel état des lieux.

Le principal défi des véhicules à propulsion électrique est le stockage de l'énergie. La technologie la plus utilisée est le stockage électrochimique via les batteries au lithium. L'autonomie des batteries peut varier en fonction de l'utilisation du véhicule parce que les éléments comme la climatisation, le chauffage et la radio vont puiser de l'énergie dans la batterie afin de fonctionner et vont réduire son autonomie. D'ailleurs, les phares des véhicules électriques sont des phares LED ce qui permet une économie d'énergie.

Tous les véhicules, qu'ils soient thermiques ou électriques, perdent 15% de leur autonomie lorsque la climatisation est enclenchée. Concernant le chauffage, il est possible d'observer la même baisse de 15% pour les véhicules électriques, tandis que les voitures thermiques utilisent la chaleur résiduelle de la combustion du carburant par le moteur pour chauffer l'habitacle.

Afin de calculer les temps de recharge, la formule suivante a été utilisée :

$$\frac{\text{Capacité de la batterie (kWh)}}{\text{Puissance de chargement (kW)}}$$

Afin de calculer l'autonomie en km des véhicules, la formule suivante pour les véhicules électriques a été mise à profit :

$$\frac{\text{Capacité de la batterie (kWh)}}{\text{Consommation en 100 km (kWh)}}$$

Et celle-là pour les véhicules thermiques :

$$\frac{\text{Capacité du réservoir (L)}}{\text{Consommation en 100 km (L)}}$$

Les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules sont en gramme (g) par km. Les voitures électriques n'émettent aucun gaz carbonique. S'il y a des émissions de CO<sub>2</sub> pour les véhicules électriques, cela provient de la fourniture du courant électrique. La Suisse est au sein des marchés européens de l'électricité. Mais, selon le principe de la comptabilité territoriale, toutes les émissions sont attribuées à la zone où elles sont générées en ne tenant pas compte des importations et des exportations. Donc, les émissions de CO<sub>2</sub> produites par les installations suisses se montent à 23,6 g CO<sub>2</sub>/kWh. Cependant, si les importations et les exportations sont prises en compte, il est possible d'obtenir un résultat de 196 g CO<sub>2</sub>/kWh (Hollmuller, Patel & Romano 2019). Cette dernière mesure sera utilisée tout au long de l'analyse parce qu'il s'agit de celle qui représente au mieux la réalité du marché. Néanmoins, comme le but de ce travail est de limiter les émissions polluantes, lorsque que les kWh proviendront de la production de la centrale solaire, les émissions de CO<sub>2</sub> seront nulles.

L'autre solution qui s'offre à l'entreprise, afin de ne consommer uniquement de l'énergie provenant d'une source renouvelable, est l'achat d'une option auprès du fournisseur énergétique local qui est, dans le cas de l'entreprise Ferd. Lietti, OIKEN (OIKEN, 2020).

Tous les prix des carburants ont été consultés sur le site de Shell (Shell, 2020).

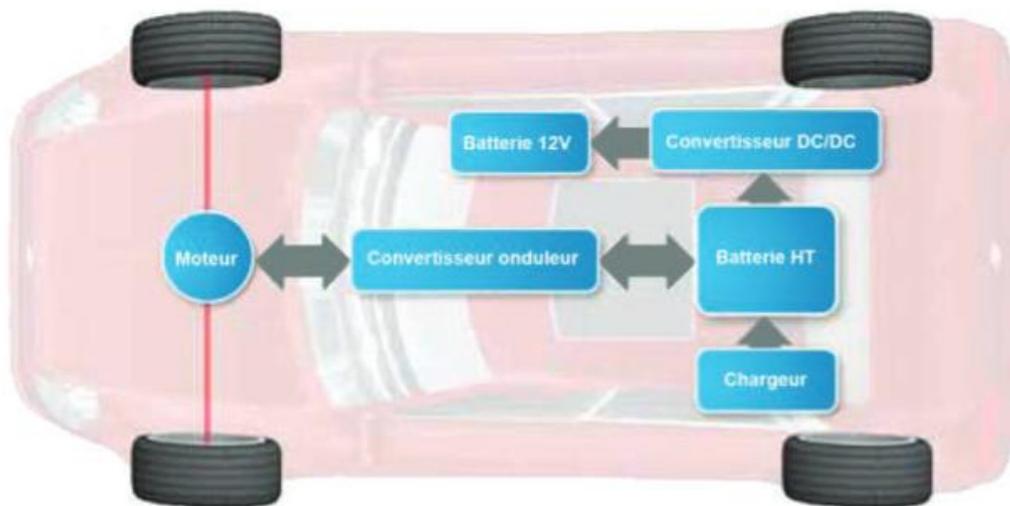
Les calculs sur l'autonomie sont basés sur les résultats d'autonomie de la norme NEDC, afin d'avoir une base de comparaison équivalente pour tous les types de véhicules.

Concernant les frais d'entretien, selon l'association nationale pour le développement de la mobilité électrique, les économies d'entretien pour un véhicule électrique, de kilométrage et de catégorie similaire à un véhicule thermique, sont 30 à 40% moins chers (AVERE, 2017). La valeur de 30% va être utilisée dans ce rapport afin de ne pas surestimer les économies.

Toutes les informations non citées sous les différentes rubriques ci-dessous proviennent des entretiens avec les représentants et de brochures sur les véhicules qui m'ont été transmises. Tous les entretiens sont présents dans les annexes.

### 3.1 Fonctionnement d'un moteur électrique

Figure 10 - Schéma du fonctionnement d'un moteur électrique



Source : Véhicules électriques et hybrides, (Wastraete, 2014)

Les différents constituants d'un moteur électrique sont listés ci-dessous (Wastraete, 2014) :

- La batterie haute tension (batterie HT) est le dispositif de stockage de l'énergie. Elle peut être comparée au réservoir de carburant d'une voiture thermique.
- Le moteur convertit l'énergie électrique en énergie mécanique durant les phases de traction. Durant les phases de freinage, il se passe l'inverse. L'énergie mécanique ou cinétique qui fait freiner le véhicule va produire de l'énergie électrique qui va recharger la batterie HT. On appelle cela le freinage récupératif. Cela peut constituer un avantage considérable pour les trajets dans les vallées valaisannes, où les montées et les descentes sont très présentes. Ce phénomène peut être opéré seulement si la batterie n'est pas pleine.
- Le convertisseur onduleur est le calculateur de puissance du moteur. Il reçoit les données de plusieurs capteurs comme les freins ou la pédale d'accélérateur et commande le moteur en accélération ou en régénération.
- La batterie 12V alimente les circuits de bords qui nécessitent de l'alimentation électrique.

- Le convertisseur DC/DC permet de recharger la batterie 12V avec l'énergie de la batterie HT.
- Le chargeur permet de recharger la batterie HT par le courant continu du réseau de distribution d'électricité.

### 3.2 Voitures électriques

Dans le présent rapport, sauf indication contraire, l'appellation « véhicule électrique » ou « voiture électrique » concernera les voitures électriques à batteries. Les termes « véhicules classiques, traditionnels ou conventionnels » correspondent aux voitures à moteur à combustion interne.

Les informations relatives aux voitures électriques ont été récoltées au sein d'un garage local de la région sédunoise via un entretien qualitatif présent à l'annexe 7. Il a été question de se renseigner sur les modèles déjà existants au sein de l'entreprise mais en modèles électriques. Le but de cette démarche est de limiter au maximum les changements de quotidien des collaborateurs afin qu'ils se familiarisent plus facilement au nouveau modèle. Plusieurs garages ont été contactés : pour la marque Renault le garage du Nord ; pour VW le garage Olympique ; et pour Nissan le garage Autoconsult.

Les informations techniques concernant cette partie, ont été insérées dans le fichier Excel présent à l'annexe 8, contenant à la base uniquement les frais d'entretiens et les consommations des véhicules en CHF. Les autres informations de ce fichier concernant la consommation ou la capacité des réservoirs ont été complétées à l'aide des recherches menées sur le site *LaCentrale* qui met en ligne les fiches techniques des véhicules existants (La Centrale, 2020) .

#### 3.2.1 Caractéristiques

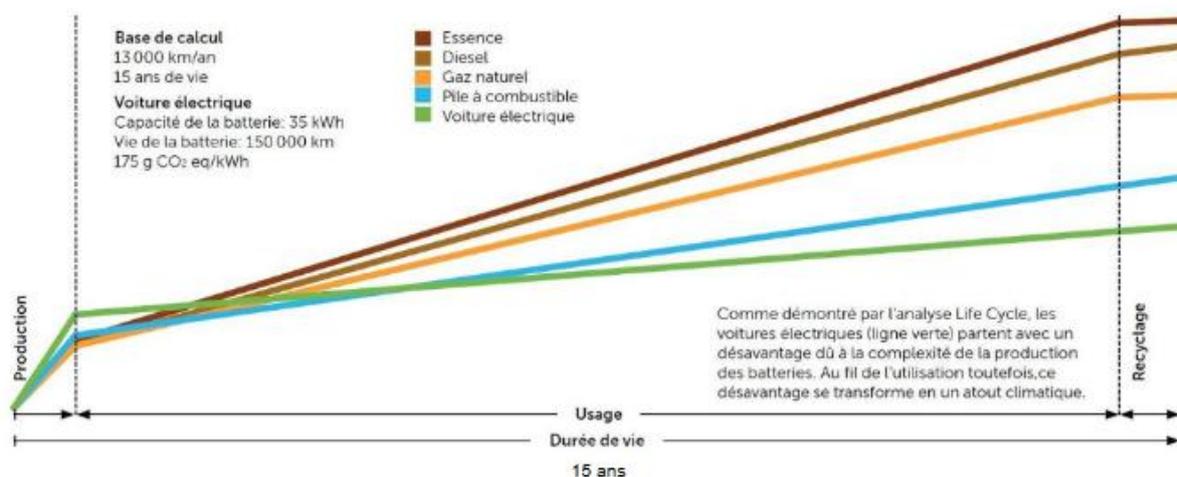
Comme on peut le remarquer sur la figure 11, « *La phase d'utilisation des véhicules est celle qui est la plus gourmande en matière et en énergie, les phases de fabrication, de maintenance et d'élimination sont presque négligeables.* » (Canton de Vaud, 2020). Cette théorie est valable pour les véhicules à moteur thermique et non pas pour les véhicules électriques qui devraient être moins polluants lors de leur phase d'utilisation (Conseil d'Etat valaisan, 2019). En réalité, les questions que ce schéma doit soulever sont : comment et à quels coûts les batteries des voitures électriques sont-elles recyclées ? Il faut bien réfléchir si le changement apporte une réelle amélioration environnementale ou s'il ne transfère pas uniquement le problème à un autre niveau du cycle de vie du produit (Steiner, 2010). En plus de la diminution des émissions de CO<sub>2</sub>, les voitures électriques produisent moins de

nuissances sonores. Ces dernières sont régies par l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB). Une voiture électrique de milieu de gamme utilisant uniquement le réseau électrique suisse pour se recharger émet entre 19 à 28 tonnes de CO<sub>2</sub> sur l'ensemble de son cycle de vie selon le professeur Konstantinos Boulouchos dans une interview du TCS. (TCS, 2020b). Dans ces 19 à 28 tonnes de CO<sub>2</sub> sont compris :

- entre 7 et 15 tonnes pour la fabrication de la batterie,
- 7 tonnes pour les déplacements venant de la production de l'électricité et
- 5 à 6 tonnes pour la fabrication du véhicule.

Pour comparer, 28 tonnes de CO<sub>2</sub> correspondent à 9800 litres d'essence ou 8750 litres de Diesel.

**Figure 11 - Schéma des émissions de gaz à effet de serre par type de voiture**



**Source : Conférence de presse, programme de développement durable (Conseil d'Etat valaisan, 2019)**

Le niveau de confort des véhicules électriques est également amélioré car le seul bruit perçu dans l'habitacle est le frottement des roues sur le bitûme. L'accélération est aussi améliorée car le rendement des moteurs des véhicules électriques est supérieur à celui des moteurs à combustion interne. Ils sont également parfaitement adaptés pour les courts trajets et les routes en pente.

Leurs points faibles sont à chercher du côté du coût d'acquisition qui est beaucoup plus élevé que celui d'une voiture conventionnelle. De plus, les véhicules électriques nécessitent l'installation de bornes de recharge qui ont aussi un coût. Il est différent en fonction de leur puissance maximale et de leur compatibilité avec plusieurs véhicules.

Le véhicule de référence utilisé pour les calculs est le modèle Renault kangoo dont se servent actuellement les employés de l'entreprise. Le choix s'est porté sur ce modèle étant donné qu'il s'agit du véhicule le plus présent dans l'entreprise. De plus, lors de mes demandes d'entretiens, le garage de la marque Renault fut le seul garage à répondre favorablement à ma demande.

Les frais d'entretien par année et par véhicule lors des quatre dernières années s'élevaient à CHF 1'188.-. Cette valeur sera arrondie à CHF 1'200.- dans les analyses du reste du travail. La moyenne des kilomètres parcourus lors des deux dernières années était de 6'197 km.

### **3.2.2 Renault**

La marque Renault propose un petit véhicule utilitaire : le Renault Kangoo Z.E 33 R60 à deux places. La particularité de la marque Renault est qu'elle conseille la location de la batterie plutôt que l'achat. Le prix de la batterie est fixé en fonction du nombre de kilomètres parcourus par année et chaque client peut choisir quel tarif il souhaite. La première gamme de prix commence à 7'500 km pour CHF 79.-. Les kilomètres supplémentaires ou non-consommés sont facturés ou redonnés au client à 4,4 cts par km. Le prix du véhicule avec quelques options professionnelles se monte à 31'000.-. Pour le changement d'une flotte entière de véhicules, il existe des rabais allant jusqu'à 24% sur le véhicule de base et une prime de CHF 2'500.-. Pour le même véhicule, avec l'achat de la batterie, il faut ajouter CHF 10'000.- pour une batterie de 33 kWh. En cas de location de la batterie, cette dernière garantit une capacité de charge supérieure à 75% de la capacité initiale pendant toute la durée de location. En cas d'achat, la batterie est garantie à 66% de charge initiale pendant 5 ans ou 100'000 km. Dès qu'un de ces deux seuils est atteint, la garantie prend fin. La batterie a une autonomie de 270 km selon la norme NEDC, ce qui correspond à 214 km en autonomie réelle.

Le temps de charge avec prise domestique est de 17h. Renault propose aussi l'installation d'une Wallbox qui recharge la batterie en 9h. La puissance de la Wallbox est de 22 kW mais la voiture ne peut être chargée à une puissance supérieure à 3,7 kW. La Wallbox peut être adaptée à un futur modèle qui pourrait charger avec une puissance supérieure. Le prix d'achat et d'installation se monte environ à CHF 2'500.-. Il existe des modèles plus chers, qui ont les mêmes caractéristiques sauf qu'ils sont compatibles avec tous les véhicules électriques présents actuellement sur le marché et ils ont une puissance maximale de 11 kW. Il est possible de demander à l'électricien, qui s'occupe d'installer la borne, de programmer les heures de chargement avec un minuteur ou un interrupteur. Les différents modèles présentés ci-dessus sont présents à l'annexe 9.

La place de chargement est légèrement inférieure à celle des véhicules ordinaires à cause de la place que prennent les batteries. Pour le modèle présenté, le volume de chargement est de 3'000 L et la charge utile maximale est de 618 kg sans les équipements. Les dimensions extérieures et l'apparence visuelle sont quasiment identiques aux modèles à moteur thermique.

Le véhicule Renault offre quelques technologies intéressantes. Avec un téléphone portable ou un ordinateur, il est possible d'accéder à MY Z.E, plateforme qui contient des informations sur l'autonomie et l'historique des recharges. Il est également possible de programmer et d'analyser les recharges des véhicules. Des aides à la conduite peuvent être consultées permettant d'optimiser l'autonomie et de réduire la consommation d'énergie. L'intégration d'une pompe à chaleur permet la production de chaud ou de froid pour l'habitacle. Des pneus basse consommation diminuent la résistance au roulement. Un économètre indique au conducteur s'il est en consommation ou en récupération d'énergie. Un éco-mode permet de brider le moteur. Le pré-conditionnement thermique permet de programmer le chauffage ou la climatisation avant le départ lorsque que le véhicule est en chargement. Toutes ces fonctionnalités contribuent à augmenter l'autonomie du véhicule en ne puisant pas l'énergie présente dans la batterie.

### **3.3 Chariots élévateurs électriques**

Les chariots élévateurs dont l'entreprise a besoin doivent pouvoir travailler durant presque toute la journée. La hauteur de levage des véhicules actuellement utilisés par l'entreprise Ferd. Lietti est de 7m et 450 kg. Ils sont actifs dans les halles de stockage de l'entreprise et servent à ranger du carrelage ou d'autres matériaux lourds. Afin de récolter des informations, un entretien avec un vendeur et ingénieur de la marque Toyota a été réalisé. Une offre de la marque Linde transmise par l'intermédiaire de l'entreprise Ferd. Lietti m'a permis d'avoir une base de comparaison. L'autonomie des élévateurs est influencée par les mêmes aspects que les autres véhicules électriques, c'est-à-dire la quantité de mètres parcourus et les consommations annexes (phares, radios,...). Mais leur plus grande consommation concerne le levage des fourches. Plus le poids et la hauteur sont élevés, plus le chariots va consommer de l'énergie lors de sa phase de montée et récupérer un peu d'énergie lors de sa phase de descente. Mais cela restera minime par rapport à l'énergie demandée pour le levage. Entre 10 et 25% de l'énergie sera récupérée. (L'usine nouvelle, 2006)

Les batteries des chariots élévateurs sont normalement exprimées en Volt/Ampère-heure (V/Ah). Afin de trouver leur capacité de stockage en kWh la formule suivante est appliquée:

$$kWh = \frac{(V \times Ah)}{1000}$$

Sur les voitures électriques, plusieurs innovations sont possibles. Par contre, les chariots élévateurs électriques ont une possibilité d'innovation limitée. Voici quelques exemples récoltés lors de l'entretien avec le vendeur de Toyota :

- Impossibilité de travailler sur l'aérodynamisme
- La perte de poids du véhicule n'est pas une solution parce qu'elle est nécessaire pour faire le contre-poids
- Rester compact et pas trop encombrant afin de faciliter les trajets dans les entrepôts

Actuellement, grâce à l'entretien et à la revue de littérature, il est possible de noter que la recherche se concentre principalement sur les chariots élévateurs fonctionnant à l'hydrogène.

### 3.3.1 Toyota

Toyota est le leader du marché des machines de manutention. Cette entreprise possède sa propre technologie qui est protégée par des brevets. Sa principale force est la gestion des décharges. En Suisse, Toyota travaille en partenariat avec l'entreprise Emil Frey pour tout ce qui concerne la gestion du stock de pièces détachées, ce qui leur permet d'assurer des réparations rapides chez leurs clients.

Actuellement, l'entreprise promouvoit tous leurs chariots élévateurs électriques parce que la demande est en augmentation et ils veulent profiter des économies d'échelles. De ce fait, les gammes de chariots élévateurs thermiques sont grandement réduites. Les batteries sont produites en collaboration avec l'entreprise Panasonic. S'il y a un problème avec la cellule d'une batterie, elle peut être changée sans pour autant impliquer le changement de toute la batterie. De plus, l'entreprise Toyota recycle à l'interne ces batteries et propose un prime de remise en cas de rachat de nouvelles batteries ou machines de manutention de la marque.

Pour les besoins de l'entreprise Ferd. Lietti, Toyota propose le modèle Traigo 48V. Le modèle Tonero 15 est son homologue à propulsion thermique (Diesel). Il propose ce chariot élévateur soit avec une batterie au plomb-acide soit au lithium-ion. Le principal changement entre ces deux technologies est le temps de chargement des batteries. Le lithium-ion est beaucoup plus rapide. Mais les batteries au plomb-acide peuvent être rapidement changées. Donc une batterie peut être en train de charger pendant qu'une autre est utilisée par le chariot

élévateur. Dès que celle du chariot élévateur est déchargée, il suffit de les échanger. Ce véhicule correspond aux demandes de l'entreprise étant donné qu'à 7 mètres, il a une charge résiduelle de 650 kg et un centre de gravité à 500 millimètres. Le centre de gravité est quasiment identique sur tous les modèles.

Les avis reçus sur les modèles vendus sont très positifs. L'entreprise Toyota a observé un changement de mentalité chez les clients. Cependant, les collaborateurs Toyota ont aussi pu remarquer que les personnes travaillant sur des chantiers sont très attachées au bruit du moteur thermique et ils ont de la peine à effectuer le changement vers l'électrique. Ils n'ont actuellement pas eu de problèmes majeurs sur les chariots élévateurs électriques et les clients les trouvent très fiables. Les principaux aspects négatifs de ces chariots élévateurs sont les trajets en pente. Dans ces configurations, si le pourcentage de la pente est trop élevé, le véhicule ne part pas ou sinon, s'il part, l'autonomie de la batterie est fortement réduite en raison de la puissance nécessaire pour avancer. De plus, si le chariot est éteint dans un lieu froid, il se peut qu'il ne démarre pas. Les utilisations dans des lieux sans courant électrique à proximité sont fortement déconseillées.

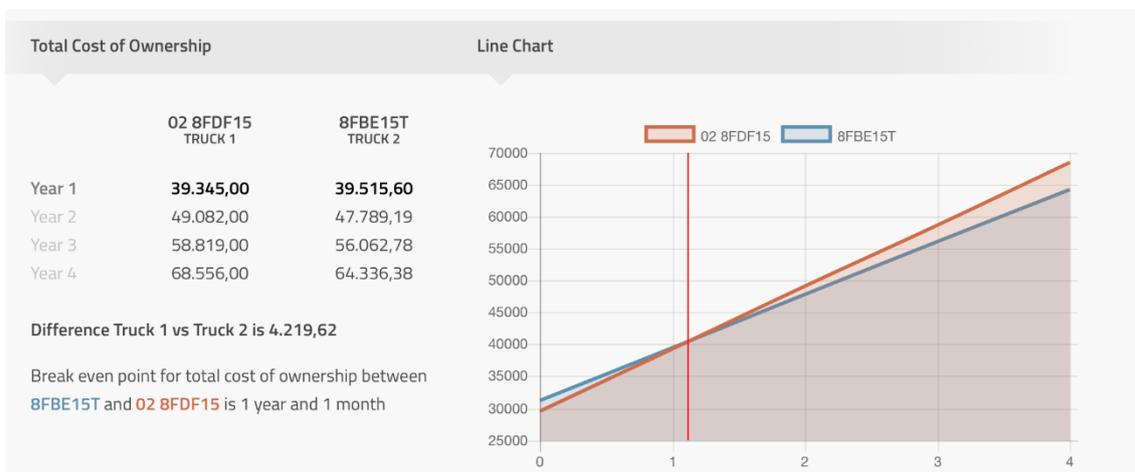
La batterie est de 48 V/500 Ah, ce qui représente 24 kWh pour un poids de 708 kg. Le prix de cette batterie est de CHF 3'474.-. La consommation est de 4,1 kWh par heure selon le cycle VDI, ce qui correspond à une durée d'utilisation légèrement supérieure au 5h45 en cas de décharge complète de la batterie. La vitesse de déplacement est de 16 km/h et la vitesse de levée est de 0,44 m/secondes. Ces performances sont légèrement inférieures au modèle thermique. Le prix de l'installation de chargement est d'environ CHF 1'000.-. La programmation des chargements est possible à l'avance. La batterie est au plomb-acide. Cependant une batterie au lithium-ion peut être commandée à la place de celle au plomb-acide. La batterie au lithium est utile pour toutes les opérations intensives. Grâce à sa recharge rapide, elle contribue à diminuer les changements de batteries. Les batteries au lithium ne peuvent pas être échangées par les employés de l'entreprise. Ces dernières sont légèrement plus chères que celles au plomb-acide. La différence entre ces deux types de batteries sera exposée dans l'analyse comparative des chariots élévateurs au chapitre 5.2.

Le prix du véhicule est d'environ CHF 36'000.-, avec quelques options nécessaires pour le travail de base dans des entrepôts. Il est disponible dans le format avec trois ou quatre roues. Le format avec trois roues offre un meilleur rayon de braquage et peut tourner sur lui-même ce qui lui permet de s'adapter même aux endroits les plus étroits. Des technologies d'aide au pilotage sont présentes, comme la diminution automatique de la vitesse dans les courbes.

Une application mobile et un site internet « E-site » permettent de récolter les données de tous les chariots élévateurs. Il recense l'état des batteries, le temps d'activité et aussi tous les chocs forts. Les chocs forts correspondent aux moments où le cariste touche avec ses fourches un engin ou un mur. Tous ces chocs engendrent des dommages sur les fourches qu'il faut ensuite changer. De plus, une authentification par badge pour faire démarrer le chariot élévateur est disponible ce qui permet d'avoir une traçabilité des conducteurs et de proposer des cours de formation si un cariste a fait trop de chocs forts.

Les émissions de CO<sub>2</sub> pour une utilisation de 50h par année passent de 356 grammes à 148 grammes si l'énergie électrique provient du mix européen. Il faut préciser que le modèle thermique possède un filtre à particules. En comparaison au modèle thermique, les frais d'entretien annuels sont grandement réduits, environ CHF 1'200.- de moins par année, comme le montre ce schéma de comparaison.

**Figure 12 - Comparaison des coûts des chariots élévateurs électriques et thermiques**



**Source : Données transmises par M. Christian Wiese, représentant Toyota (2020)**

### 3.3.2 Linde

Concernant l'offre de Linde, la batterie est de 48 V / 575 Ah ce qui représente 27,6 kWh. La recherche internet a permis de retrouver ce modèle de batterie au prix de EUR 3'107.- qui représente CHF 3'300.- avec un cour estimé à 1,06 (Staplerbatterie, 2020). Le temps de charge est de 10 à 12 heures. La vitesse de déplacement à vide est de 20 km/h et la vitesse de levage de 0,5 m/s. La consommation est de 4.9 kWh par heure ce qui correspond à une durée d'utilisation de 5h30. La capacité de levage maximale est de 450 kg à 7 mètres.

### **3.4 Camions-grues électriques**

La littérature sur ce sujet est relativement faible. Afin d'avoir le plus d'informations possibles, deux entretiens auprès de professionnels de la branche ont été réalisés. Les trois garages contactés sont : le garage Saurer à Conthey représentant Mercedes, le garage Hydrautrucks à Sion représentant SCANIA - IVECO et le garage Troillet à Sion représentant MAN. Les trois marques choisies font partie des plus influentes du marché des camions.

Le principal problème des batteries sur les camions est leur poids. Il faut beaucoup de batteries afin d'offrir la puissance nécessaire au camion pour avancer. Mais, plus on a de batteries, plus le camion est lourd et devra tirer leur poids ce qui implique que son chargement devra diminuer. Selon l'ordonnance sur les règles de la circulation routière (OCR), un véhicule quatre essieux ne peut avoir un PTAC supérieur à 32 tonnes (OFT, 2019).

#### **3.4.1 Mercedes**

Pour la marque Mercedes, il n'existe pas encore d'alternative électrique pour les camions. Actuellement, il y a seulement des camions-poubelles disponibles sur le marché. Cette technologie devrait apparaître sur le marché valaisan d'ici une à deux années.

#### **3.4.2 Man**

Concernant la marque Man, elle ne produit pas de camion électrique, mais le garage Troillet à Sion propose un changement de moteur auprès d'un garage partenaire qui est Ceekon situé à Zürich. Mais actuellement, il n'y a pas encore de modèle pour les camions quatre essieux et 4x4 comme souhaite l'entreprise Ferd. Lietti. La technologie s'arrête aux trois essieux avec deux roues motrices. Cependant, la technologie de l'entreprise Ceekon est très coûteuse parce qu'il faudrait commander un camion MAN normal et ensuite l'envoyer chez eux. Une fois que le camion arrive à Zürich, les collaborateurs de Ceekon démontent le moteur thermique, le remplacent par un moteur électrique et équipent le dessous du pont du camion de batteries. Un peu d'argent peut être récupéré par la suite, si le moteur neuf démonté du camion de base est vendu. Ce procédé coûte CHF 300'000.- pour un camion 4x2 (4 roues dont 2 motrices). Un camion dans les besoins de Ferd. Lietti coûterait environ CHF 800'000.-. Selon des contacts du garage Troillet en raison du Covid-19 plusieurs projets futurs ont pris une année de retard de date de sortie sur le marché et des camions électriques 4x4 pourraient apparaître sur le marché d'ici 2 à 3 ans.

#### **3.4.3 SCANIA – IVECO**

Actuellement, les marques SCANIA et IVECO proposent des deux et trois essieux électriques mais aucun modèle 4x4. Elles ne prévoient pas d'en produire à moyen terme (5 à

10 ans). Pour les modèles 4x4, elles se tournent principalement vers l'hydrogène qui est beaucoup plus léger que des batteries. Le problème pour les 4x4 électriques est que l'empattement est trop court et que les batteries rabaisseraient le châssis. Aujourd'hui, SCANIA est en retard par rapport à ses concurrents sur la technologie électrique parce qu'elle souhaite développer elle-même toute sa chaîne de production sans rien externaliser, même la production des batteries. Donc cela prend un peu plus de temps pour entrer pleinement sur le marché. Le premier camion totalement électrifié devrait arriver sur le marché d'ici la fin de l'année. En fin 2021, un camion 2 essieux pouvant parcourir 500 km devrait être lancé en production. En tant que marque suédoise, SCANIA se penche plutôt sur l'hydrogène, énergie dont l'attrait est immense dans ce pays. IVECO se tourne plutôt vers l'électrique et va sortir le modèle NICOLAS en Allemagne cette année. Les prochains modèles de camions électriques qui sortiront dans deux à trois ans auront des boîtes à vitesse afin d'éviter d'avoir des couples trop hauts et d'améliorer l'autonomie.

Suite à plusieurs projets pilotes et des remarques des utilisateurs ayant testé ces camions, les avis sont pas des plus positifs. L'autonomie du camion est un réel problème. A vide, l'autonomie est correcte, mais dès que le camion est chargé, l'autonomie baisse considérablement. Un autre point faible conséquent est que les piétons, les cyclistes et les véhicules à deux roues n'entendent pas le camion et donc les chauffeurs doivent être beaucoup plus attentifs. Sur les premiers tests, la fiabilité des batteries à long terme posait problème. Mais depuis, il a été résolu. Une baisse des frais d'entretien liée à la mécanique est un des points forts de ce genre de véhicule, surtout pour les freins tout comme la diminution de la pollution de l'air. Concernant la pollution, il est important de noter qu'un camion Euro 6 Diesel de dernière génération (4<sup>ème</sup> ou 5<sup>ème</sup> selon la marque) ne pollue pas beaucoup plus qu'une voiture.

Le chargement des batteries est un point non négligeable à prendre en compte étant donné que la capacité des batteries est énorme, le temps de chargement étant donc aussi plus long. Afin d'éviter un temps de chargement trop long, il faut trouver une source d'énergie électrique de grande puissance. Il faut également que cette source ne soit pas trop éloignée du lieu de stationnement du camion à l'entrepôt afin que le câble ne soit pas trop long. Pour y remédier, l'entreprise Pistor utilise des batteries interchangeables. Les camions font une tournée d'une mi-matinée en région urbaine et rentrent à l'entrepôt pour changer les batteries. Ces dernières pèsent entre 1'000 kg à 1'500 kg et elles sont changées en 10 minutes.

Aucune contrainte est imposée aux chauffeurs. Mais pour les garagistes, il y a beaucoup de réglementations. Si un garage propose plusieurs alternatives, il doit avoir un espace dédié à chaque alternative et les employés doivent avoir suivi une formation pour ce type de véhicule

au préalable. Toutes ces contraintes ont un impact sur le prix des services et des réparations, mais les coûts resteront tout de même inférieurs à ceux d'un camion thermique parce que le temps consacré au camion électrique est inférieur.

Pour les chauffeurs, la conduite reste la même. Un bon chauffeur sur un camion thermique sera un bon chauffeur sur un camion électrique. L'autonomie du camion est influencée à 50% par la technologie du camion et à 50% par la technique du chauffeur. Lors de la vente de ce type de véhicule, l'entreprise offre une demi-journée de formation afin d'apprendre à bien gérer les couples et les pédales de gaz et de frein.

#### **3.4.4 Grue Palfinger**

Chez Palfinger, constructeur de grue, la plupart des grues peuvent être électrifiées. Cependant, il faut une prise électrique de 380V et de 64A. Si toutefois un chantier ne possède pas ces demandes électriques, il est aussi possible de faire fonctionner la grue via le moteur du camion comme actuellement. Le chauffeur devra également trouver un endroit de stationnement où il pourra décharger et aussi alimenter sa grue. Pour ce type de grue électrique, les installations et les réparations doivent se faire dans un atelier agréé pour grues électriques.

#### **3.4.5 Grue Sassi**

Une grue électrique répondant aux nécessités de l'entreprise demande beaucoup d'énergie continue, entre 50 et 80 kW. Lorsqu'il est possible de faire fonctionner la grue avec une prise de 240V ou 380V, cela fonctionne très bien. Les deux alternatives peuvent être présentes à bord du camion pour activer la grue : soit par la manière électrique, expliquée précédemment, soit par le moteur thermique du camion. Cette technologie a déjà été testée avec une entreprise vaudoise et elle est très satisfaite. De plus, aucun effort superflu est demandé au chauffeur, mise à part le stationnement à côté d'une prise électrique.

Le fonctionnement de grues avec une batterie est actuellement en développement. Mais, le principal problème actuel concerne la puissance demandée. Quand le camion utilise la grue, il vide quasiment toute la batterie du camion et ensuite ce dernier ne peut plus se déplacer.

### **3.5 Fourgons électriques**

Comme il y avait peu d'informations et que la technologie n'existait pas encore pour les camions poids lourds, des renseignements spécifiques sur les utilitaires de type fourgon ont été effectués par l'intermédiaire d'un état des lieux des différents fourgons déjà existants.

### **3.5.1 Mercedes**

Mercedes en possède mais ne les commercialise pas encore en Valais et les utilitaires de type fourgon devraient arriver sur le marché valaisan d'ici la fin de l'année.

### **3.5.2 Man**

Contrairement à Mercedes, MAN possède actuellement sur le marché le modèle eTGE. Les batteries de ce modèle ont été conçues en plusieurs petits rectangles. Comme dans toutes les batteries, si une cellule de la batterie ne fonctionne plus correctement, cela va péjorer le rendement de toutes les autres batteries. Mais avec ce système de rectangles de batterie, il est possible de diagnostiquer quel rectangle est endommagé et ensuite de changer uniquement cette partie avec une nouvelle au lieu de changer toutes les batteries. De plus, ces batteries peuvent facilement changer de disposition et peuvent être très intéressantes après leur première vie en tant que batterie de stockage stationnaire. La batterie est garantie 8 ans ou 160'000 km. Son autonomie selon la norme NEDC est de 173 km et sa vitesse est bridée à 90 km/h pour une gestion d'énergie optimale. Selon le type de chargement utilisé, le temps de chargement de la batterie complet dure 40 minutes avec une borne de chargement rapide de 40 kW ou 15h avec une prise conventionnelle (type j) de 2,3 kW. La batterie se recharge également pendant la conduite lors des phases de freinage. Grâce à cette récupération, l'énergie cinétique se transforme en énergie électrique et alimente la batterie. L'achat d'une borne de chargement rapide n'est pas conseillé parce qu'elle coûte cher et endommage les batteries. Selon les informations récoltées lors de l'entretien, La Poste Suisse a effectué une phase test avec 11 de ces véhicules. Elle a été très satisfaite des rendements et des retours des utilisateurs et a donc commandé une flotte de 500 modèles.

La diminution de la capacité de la batterie est de 30% au cours de la période de garantie de la batterie, ce qui correspond à huit ans ou 160'000 km.

Ces véhicules sont parfaits pour une utilisation urbaine allant de 80 à 120 km par jour, mais ne conviennent pas du tout à des longs trajets sur des autoroutes. La puissance est relativement la même que celle des fourgons à moteur thermique.

### **3.5.3 Renault**

Renault propose le modèle Master. Cependant, ce dernier n'est pas conseillé à la vente en Valais à cause de ses problèmes d'autonomie et de ses problèmes dans les trajets comportant des montées et des descentes.

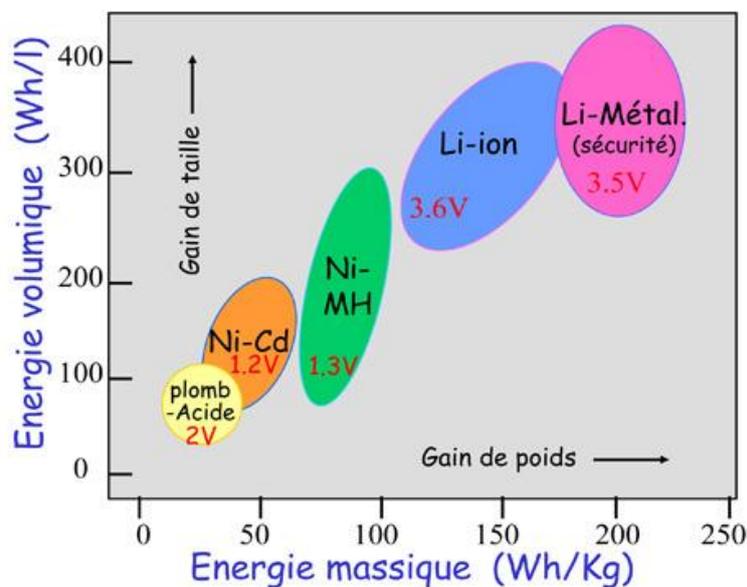
## 4. Batteries

Les principaux problèmes de la mobilité électrique ont été exposés tout au long du chapitre 3 : le poids élevé et la courte autonomie des batteries.

Les batteries sont actuellement une technologie en plein essor. Des avancées technologiques sortent chaque année ce qui entraîne une chute des prix. Le principal but recherché par les batteries est de déplacer dans le temps la consommation d'électricité produite par des énergies renouvelables.

Comme cité précédemment dans le point « 2.3 Production solaire » la production d'énergie à partir d'énergies renouvelables est fatale ou intermittente. Par conséquent, il faut stocker l'énergie à l'aide de batteries soit stationnaires soit mobiles. La mobilité électrique est certainement le meilleur moyen de substitution de l'utilisation des énergies fossiles pour se déplacer. Mais afin que cette phrase ait vraiment un sens pour l'environnement, il faudrait que l'énergie électrique utilisée provienne d'une source renouvelable. Il n'y aurait aucun sens de se déplacer à l'électrique avec une électricité produite par du charbon, qui est l'énergie fossile la plus polluante. Cependant, en Suisse, ce problème n'existe pas parce que la production d'énergie électrique est relativement propre.

Figure 13 : Comparaison du poids et de la taille des batteries



Source : L'énergie : stockage électrochimique et développement durable, (Tarascon, 2013)

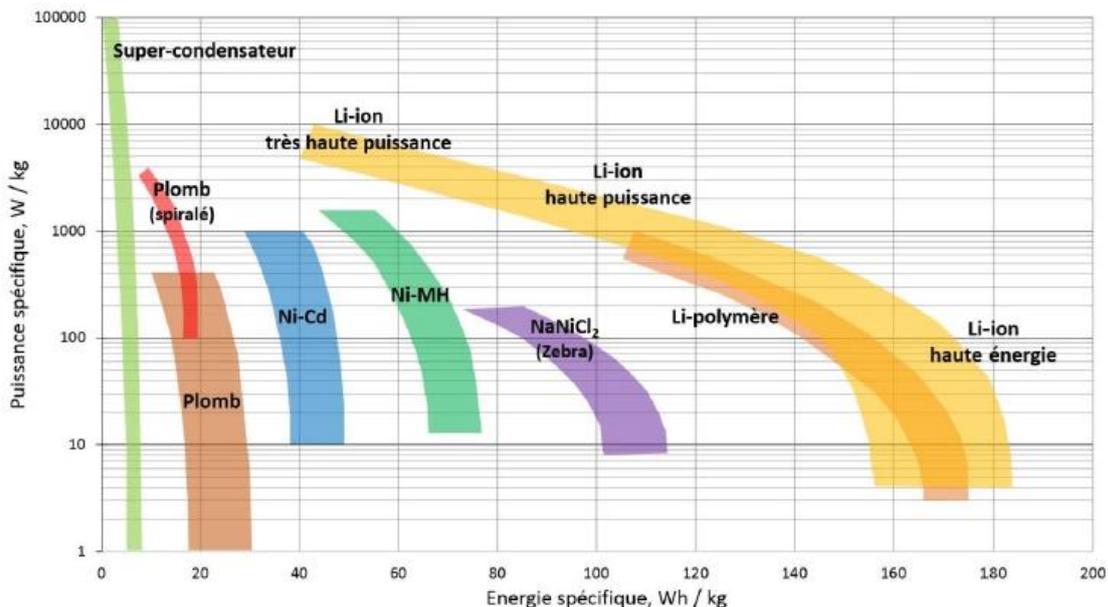
Pour la mobilité, il existe trois types principaux de batteries : les batteries au dioxyde de lithium et cobalt, les batteries au plomb-acide et les batteries au lithium fer phosphate. Toutes

ces batteries ont des particularités différentes et chacune a ses points forts et ses points faibles comme présenté dans la figure 13 (Tarascon, 2013). La plus présente dans la mobilité électrique est celle au dioxyde de lithium et cobalt ( $\text{LiCOO}_2$ ) parce qu'elle est légère et offre beaucoup de puissance et d'énergie. Son avantage est qu'elle a une densité énergétique élevée mais son inconvénient est le prix. La moins chère est celle au plomb-acide, mais elle nécessite de l'entretien. Les décharges complètes sont fortement déconseillées, les recharges sont plus lentes et la durée de vie est inférieure à celle au lithium. Les batteries au lithium fer phosphate ( $\text{LiFePO}_4$ ) sont plus particulièrement utilisées pour le stockage stationnaire dans les bâtiments au vu de leur longue durée de vie de 4000 à 6000 cycles. L'autodécharge des deux batteries à base de lithium se situe entre 1 et 3% par mois. A l'avenir, pour les batteries au lithium, il y a encore des possibilités d'accroître la densité d'énergie massique. (SuisseEnergie, 2018)

L'utilisation d'une batterie de stockage est nécessaire si toutes les solutions possibles de consommation directe de la production solaire sont épuisées et que la production reste supérieure à la consommation. Une telle installation permet d'augmenter la part de consommation propre et de diminuer les pics de puissance maximale demandée ou réinjectée.

#### 4.1 Accumulateur au lithium-ion

Figure 14 : Diagramme de Ragone montrant le rapport entre la puissance spécifique et l'énergie spécifique pour différentes batteries



Source : Gestion et modélisation électrothermique des batteries lithium-ion (Allart, 2017)

Comme cité précédemment, les accumulateurs au lithium peuvent être très flexibles en

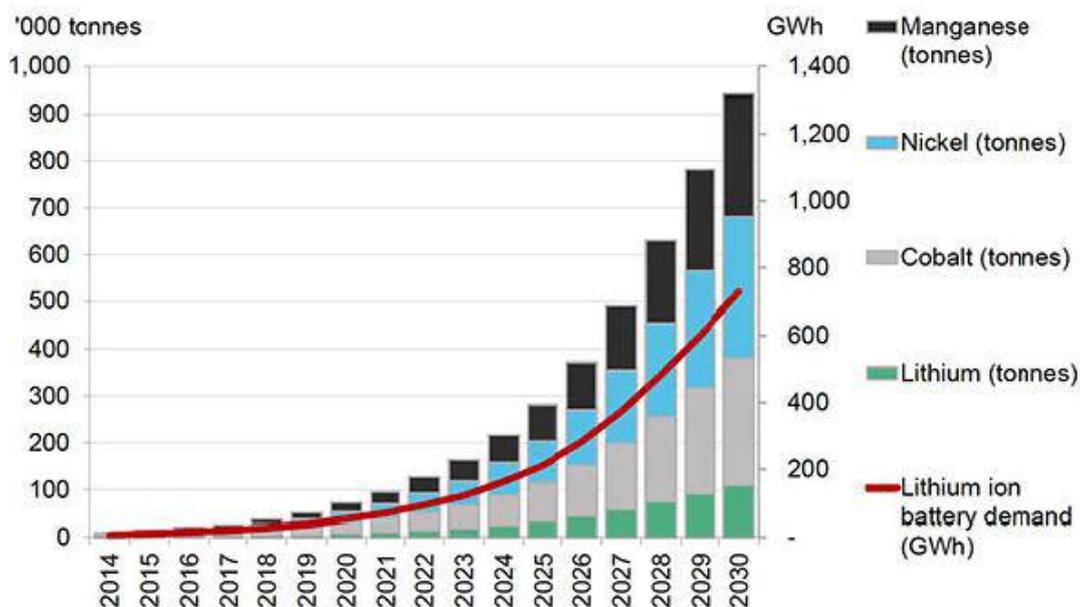
énergie et en puissance. Ils offrent également une excellente efficacité énergétique qui varie entre 95 et 99%, une très bonne tenue en cyclage et un très faible effet mémoire (Allart, 2017). Cette technologie n'est pas encore à maturité mais elle obtient un très bon compromis en ce qui concerne la densité énergétique, comme représenté plus en détail dans le diagramme de Ragone de la page précédente.

#### 4.1.1 Fonctionnement des accumulateurs au lithium-ion

Toutes les batteries au lithium-ion, qu'elles soient situées dans un téléphone portable, une voiture ou un chariot élévateur électrique, fonctionnent de la même façon. Il s'agit d'un système électrochimique agissant selon le principe d'échange d'ions lithium à travers un électrolyte liquide entre l'anode et la cathode (Futura-Sciences, 2020). Cette réaction chimique dégagera de l'énergie électrique. Il est question d'un système chimique parce que dans chaque électrode, il se produit une réaction chimique réversible d'oxydoréduction (Redox) et ceci permet la circulation d'électrons dans le système électrique. Lorsque la batterie se décharge, l'anode se réduit ce qui engendre une libération des électrons dans le système électrique.

## 4.2 Le lithium

**Figure 15 : Demande en matériel et batteries Lithium-ion pour la vente de véhicules électriques ou hybrides dans le futur**



Source : Lithium-Ion Battery Control System for Hybrid-Electric vehicle (2018)

Le lithium est un métal abondant, disponible principalement sous forme de sel mais également sous forme solide dans les roches magmatiques. Il se trouve sur terre et 60% des extractions sont issues des déserts de sel en Amérique latine. Ce métal est bien moins rare

que le cobalt ou le néodyme. Sa production était de 80 kilos-tonnes en 2018 alors qu'en 2005 elle se situait à 20 kilos-tonnes. Cette forte augmentation est due à l'augmentation des demandes en batteries au lithium. Selon le rapport *Mineral Commodity Summaries 2020* publiée par l'*US Geological Survey*, les réserves mondiales de lithium seraient de 17 millions de tonnes (USGS, 2020). Le figure de la page précédente montre, par la courbe rouge, la demande future prévue pour les véhicules hybrides et électriques. Ce qui démontre également que les réserves de lithium pourraient rapidement diminuer.

Ce métal a tout de même deux points faibles importants. Premièrement, son extraction n'est pas écologique parce qu'elle nécessite des grandes quantités d'eau. Comme évoqué précédemment, les extractions se font principalement dans les déserts et dans ces lieux, l'eau est une ressource rare. Deuxièmement, dans la figure 15, on peut apercevoir une prévision de la demande future de batteries au lithium jusqu'à l'année 2030. L'augmentation de la demande est exponentielle et les demandes en matériaux composant une batterie sont également très fortes (Svb, Meshram & Jadhav, 2018). Cependant, malgré leur abondance actuelle ce sont des matériaux rares. Il faudra trouver un moyen de les recycler ou de leur donner une seconde vie afin de ne pas les gaspiller.

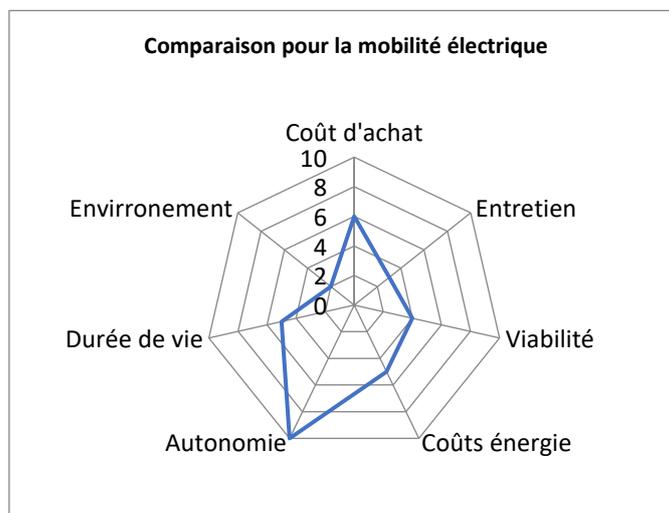
Le parfait exemple serait de réutiliser les batteries des voitures usagées afin de stocker l'électricité stationnaire. Actuellement, il est possible de recycler les batteries mais l'industrie ne s'en intéresse pas parce que les coûts sont très élevés et donc ce n'est pas encore rentable. En résumé, il faudra soit trouver de nouveaux lieux d'extraction soit recycler les anciennes batteries. D'un point de vue écologique la deuxième solution serait la meilleure. (Michel & Schmitt, 2020)

## 5. Analyse comparative et budget

Le chapitre 3 a permis de présenter les différentes solutions de propulsions existantes sur le marché à propulsion électrique pour les chariots élévateurs, les voitures et les camions-grues dans le cas de remplacement des équipements actuels.

Dans cette partie du rapport, une analyse comparative des différentes solutions étudiées par rapport aux équipements actuels va mettre en évidence les points forts et les points faibles de chaque alternative. L'analyse va se baser sur les coûts d'acquisition, les frais d'entretien, la viabilité que représente le confort des usagers, les coûts de l'énergie, l'autonomie, la durée de vie du véhicule et les contraintes imposées aux utilisateurs. Cette analyse permettra d'avoir une vision globale qui rendra la prise de décision et les recommandations au chapitre 9 plus pertinentes. Le graphique suivant permet de synthétiser tous les critères qui seront expliqués par un texte descriptif pour chaque point. Les points les plus élevés représentent des points positifs tandis que les points bas correspondent aux points négatifs. En conclusion, le mode de propulsion ayant obtenu le plus de points sera le choix le plus approprié.

**Figure 16 - Schéma de base pour l'analyse comparative**



**Source : Données de l'auteur inspirées de l'étude de Transitec (2013)**

Les informations récoltées lors des entretiens, des questionnaires quantitatifs, les informations techniques qui proviennent du chapitre « 3 solutions étudiées » et les différentes brochures reçues par les représentants ont été utilisés pour la rédaction de ce chapitre.

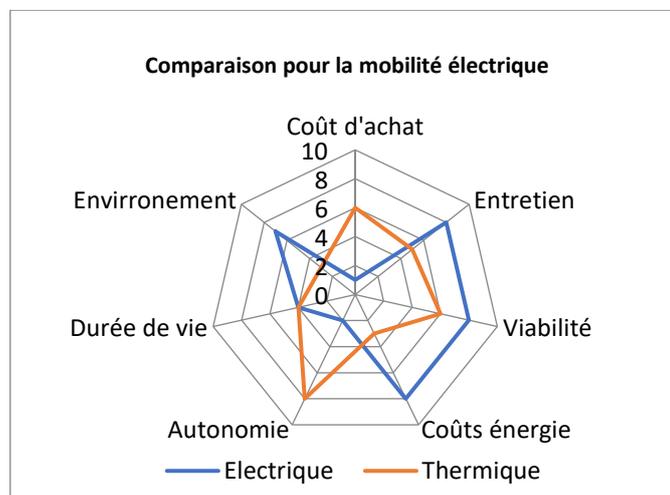
L'évaluation est basée sur le graphique présenté à la page 29 de *l'étude comparative trolleybus – bus hybrides* réalisée par la ville de La Chaux-de-Fonds via l'entreprise Transitec (Transitec, 2013). Les coûts de l'énergie seront toujours les mêmes pour toutes les propulsions électriques et toujours les mêmes pour toutes les propulsions thermiques.

## 5.1 Voitures électriques

Les voitures électriques sont actuellement une technologie de qualité prouvée sur le marché de l'automobile. Mais elle peut être encore améliorée, notamment sur la gestion des décharges. La taille, le poids et la capacité des batteries sont sans cesse en pleine innovation. Les voitures à hydrogène existent déjà, mais le marché n'est pas développé. La revue de littérature montre que le marché actuel essaie de développer au maximum les batteries et s'intéresse à l'hydrogène comme une propulsion pouvant remplacer le thermique sur le long terme pour avoir un mix entre l'électrique et l'hydrogène.

### 5.1.1 Schéma

Figure 17 – Schéma de l'analyse comparative des voitures



Source : Données de l'auteur

### 5.1.2 Explication du schéma

Tableau 3 - Budget pour le changement des voitures

	Voiture thermique	Voiture électrique Achat de la batterie	Voiture électrique Location de la batterie
Achat véhicule	26'000.-	31'000.-	31'000
Batterie	—	10'000.-	79.- par mois
Chargeur	—	2'700.-	2'700
<b>Total</b>	<b>26'000.-</b>	<b>43'700.-</b>	<b>33'700</b>

Source : Données de l'auteur

On peut remarquer que la voiture la moins chère à l'achat est la voiture thermique. Les deux voitures électriques coûtent le même prix à l'achat sauf que pour une, la batterie est

achetée et que pour l'autre, elle est louée au concessionnaire ce qui va augmenter les frais fixes. Sur une année, cela représente CHF 948.-. Cette donnée va être importante pour calculer la VAN de ces trois véhicules.

Comme mentionné précédemment, les frais d'entretien des voiture thermiques sont 30% plus chers que ceux à propulsion électrique. Avant de calculer la VAN, une simple analyse des coûts annuels cumulés (annexes 10) a été réalisée. Grâce au calcul du budget et des frais d'entretien, la VAN présentée au chapitre 1.4.3.2 a pu être calculée pour ces trois véhicules. Voici, ci-dessous, le tableau récapitulatif concernant les calculs de la VAN. Le détail complet des calculs se trouve à l'annexe 11.

**Tableau 4 - VAN pour les voitures électriques**

Mode de propulsion	Thermique	Achat batterie	Location batterie
Investissement	26'000.-	41'000.-	31'000.-
Coût énergie	1200.-	135.-	135.-
Taux d'actualisation	3% - 5% - 7%	3% - 5% - 7%	3% - 5% - 7%
Durée d'utilisation	15 ans	15 ans	15 ans
VAN à 3%	- 50'704.-	- 50'613.-	- 51'301.-
VAN à 5%	- 46'648.-	- 48'338.-	- 47'751.-
VAN à 7%	- 43'274.-	- 46'372.-	- 44'775.-

**Source : Données de l'auteur**

La VAN est fortement influencée par les coûts de l'énergie et le nombre de kilomètres parcourus. Pour le calcul, un prix de CHF 0.17 par kWh et un prix du sans plomb de CHF 1,665 par litre a été choisi. La distance parcourue par le véhicule est de 7'000 km par année en région urbaine. Cette valeur a été choisie afin de trouver un équilibre entre l'utilisation en km de l'entreprise et le nombre de km permis par la location de la batterie qui est de 7'500 km. Le coût moyen d'entretien provient du chapitre 3.2.1. Le calcul a été réalisé avec trois taux d'actualisation. Selon l'ouvrage *Tables rondes FIT Stimuler les technologies pour les véhicules à faibles émission de carbone* écrit par *Organisation for Economie Co-operation and Development (OECD)*, le taux d'actualisation appliqué à l'achat d'un véhicule doit être identique au taux d'intérêt du marché (International Transport Forum 2010). Le taux d'intérêt du marché de l'automobile suisse est en moyenne de 5% (TCS Conseil mobilité 2019). Un calcul avec un taux d'actualisation de 3%, de 5% et de 7% a été effectué. Une durée de vie de 15 ans a été estimée compte tenu de la date de mise en circulation des véhicules actuelles

et du nombre de kilomètres effectués par année, ce qui donne un résultat de 105'000 km sur 15 ans. La batterie ne devrait pas être changée et devrait tenir durant tout le cycle de vie du véhicule.

Grâce à cette formule, il est possible de choisir lequel des investissements est le plus rentable. Normalement, il est demandé de connaître les cash-flows afin de réaliser cette formule. Ensuite, le résultat est censé représenter les excédents de recette. Cependant, les données financières de l'entreprise étant confidentielles, le calcul VAN a été effectué sur la base des coûts fixes et des coûts variables annuels. De ce fait, les résultats sont négatifs. Cela permet tout de même d'avoir une vue d'ensemble des coûts supportés par chaque mode de propulsion sur la durée d'utilisation.

Le coût de l'achat de la borne de chargement n'a pas été pris en compte dans le calcul précédent car celle-ci ferait augmenter le coût d'investissement. Cependant, une borne de recharge peut être utilisée par plusieurs véhicules alors le coût serait dilué. De plus, le prix d'acquisition de la voiture électrique avec l'achat de la batterie pourrait être diminué de CHF 3'000.- mais ce point sera expliqué plus en détail au chapitre 6.1.

La VAN a été calculée par la formule Excel :  $=VAN(\text{taux d'intérêt} ; \text{plage de données})$ . Toutes les cases du fichier Excel présenté à l'annexe 11 sont dynamiques en fonction des informations remplies dans les plages jaunes. Ce dernier pourra être remis à l'entreprise pour ses futures acquisitions.

Le coût de l'énergie pour les véhicules électriques a été calculé comme si l'entièreté de la recharge provenait du réseau. Cependant, l'entreprise pourrait diminuer ce coût si la recharge provient de sa production de la centrale solaire RU ou si elle recharge sa batterie sur un chantier parce que les coûts d'énergie sont incombés aux propriétaires.

La viabilité des usagers des voitures électriques est grandement améliorée. Il n'y a plus aucun bruit de moteur dans l'habitacle et les vibrations sont diminuées. Si les carreleurs se déplacent à deux dans une voiture, leur communication pourra être facilitée. Les piétons et les autres utilisateurs de la mobilité douce verront d'un bon œil les diminutions de la pollution de l'air. Le conducteur du véhicule ne sera plus contraint de se rendre à une station-service afin de faire le plein. Il devra simplement rentrer à l'entrepôt et brancher son véhicule à la borne, ce qui lui permettra de gagner du temps. Cependant, si l'entreprise doit se rendre vers un chantier en altitude avec un chemin qui n'est pas goudronné tout terrain, les véhicules électriques ne sont pas une bonne alternative. Dans ce cas, les véhicules 4x4 thermiques restent beaucoup plus adaptés parce que leur châssis est plus haut.

L'autonomie des véhicules électriques est clairement inférieure à celle d'un véhicule thermique. Cependant, pour les besoins de l'entreprise, cela suffit, étant donné que les employés dépassent rarement les 50 km par jour. Les tronçons pour lesquels les voitures électriques sont les moins efficaces sont les autoroutes. Mais, ces dernières sont très peu employées par les carreurs ou alors sur une très courte distance ce qui n'impactera que très peu l'autonomie du véhicule.

La durée de vie des véhicules est la même. Cependant, sur le long terme, les performances de la batterie diminueront. Les batteries au lithium ne supportent pas bien les décharges complètes, ce qui correspond à une batterie avec moins de 5%. Mais l'entreprise, au vu de son utilisation, ne devrait pas descendre en dessous de ce seuil, ce qui permettra d'augmenter la durée de vie des véhicules. Toutes les données de conduite, de charge et d'utilisation peuvent être retrouvées via une application ou site web programmé par la marque du véhicule. Les conducteurs seront peut-être plus respectueux envers les véhicules en sachant qu'ils peuvent être contrôlés à distance.

La diminution des émissions de CO<sub>2</sub> et des nuisances sonores est un avantage considérable pour les voitures électriques. Les Renault Kangoo actuelles rejettent 177 grammes de CO<sub>2</sub> par km. Pour une voiture électrique, le calcul est un peu plus complexe. Si avec 33 kWh on peut parcourir 270 km, on obtient alors 0,12 kWh par km. Comme expliqué au chapitre 3, lors de cette étude, les émissions de CO<sub>2</sub> par kWh du mix européen vont être utilisées, donc 196 grammes par kWh. Ce qui donne le résultat suivant :

- 1239 kilos de CO<sub>2</sub> pour une Kangoo thermique
- 168 kilos de CO<sub>2</sub> pour une Kangoo électrique
- Différence de 1'071 kilos de CO<sub>2</sub>

Le résultat pour les voitures électriques diminuera lorsque l'entreprise utilisera la production de ses panneaux solaires pour recharger la batterie de ses voitures électriques. A titre de comparaison, un hêtre doit pousser durant environ 80 ans pour absorber 1000 kg de CO<sub>2</sub> (BCBE & Swiss Climate, 2020).

### **5.1.3 Conclusion**

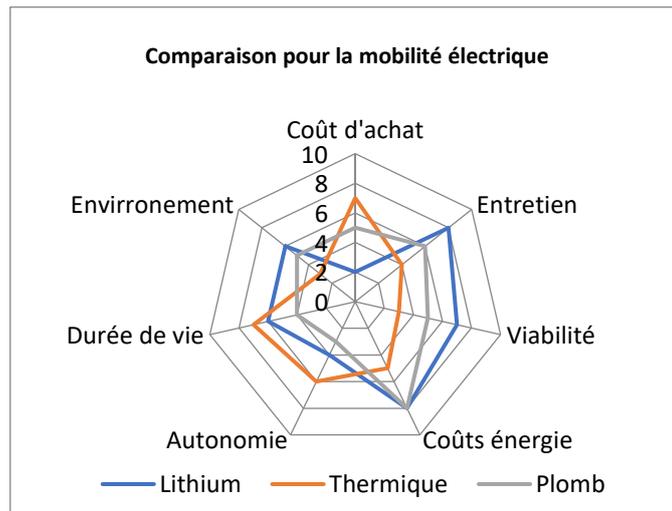
Les voitures sont le principal moyen de locomotion des carreurs. Des économies majeures sur le long terme peuvent être effectuées tout en pensant au développement durable. Selon le schéma de l'analyse comparative des voitures, la voiture électrique récolte 38 points et la voiture thermique 35 points. La voiture électrique représente donc la meilleure alternative.

## 5.2 Chariots élévateurs électriques

Les opportunités futures concernant les chariots élévateurs électriques se tourne vers la propulsion à l'hydrogène. Mais actuellement les nouvelles technologies se concentrent sur l'amélioration des batteries déjà développées.

### 5.2.1 Schéma

Figure 18 - Schéma de l'analyse comparative des chariots élévateurs



Source : Données de l'auteur

### 5.2.2 Explication du schéma

Tableau 5 - Budget pour le changement des chariots élévateurs

	Elévateur thermique	Elévateur batterie au plomb-acide	Elévateur batterie au lithium
Achat véhicule	30'000.-	29'000.-	29'000.-
Batterie	—	3'350.-	9'000.-
Chargeur	—	1'500.-	2'000.-
<b>Total</b>	<b>30'000.-</b>	<b>33'850.-</b>	<b>40'000.-</b>

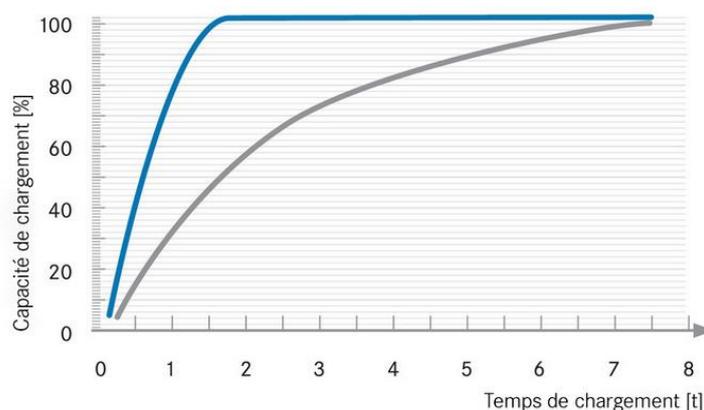
Source : Données de l'auteur

Dans le budget, il est possible de constater que les véhicules thermiques sont les moins chers à l'achat. Le prix des chariots élévateurs électriques est le même. Cependant, le prix des batteries est considérablement différent. La différence de prix entre ces deux batteries sera expliquée plus en détail ci-dessous par les divergences des entretiens et des durées de charge et décharge.

Les frais d'entretien des modèles thermiques sont très coûteux. Les chariots élévateurs avec une batterie au plomb-acide nécessitent une vérification du niveau d'eau distillée. Il est nécessaire d'ajouter de l'eau distillée tous les 5 à 10 cycles de charge. Pendant leur fonctionnement, les batteries au plomb-acide se déchargent et une partie de l'acide de la batterie est transformée en eau qui se dissocie ensuite en hydrogène et en oxygène gazeux. Ce phénomène diminue le niveau d'eau et expose les plaques de batteries à l'air ce qui les endommage. L'eau distillée doit toujours être ajoutée après avoir chargé la batterie. (BM services, 2013) Une baisse des frais d'entretiens de 20% peut être observée pour les chariots élévateurs avec une batterie au plomb-acide et une baisse des frais de 30 % pour les chariots élévateurs avec une batterie au lithium (entretien avec M. Wiese de Toyota). De plus, cette baisse des frais d'entretien peut déjà être constatée sur les élévateurs électriques que l'entreprise possède déjà. Les chariots élévateurs thermiques ont des frais d'entretien annuels de CHF 3'400.- et les chariots élévateurs électriques de CHF 2'800.-. Les batteries au plomb-acide nécessitent des locaux pour le chargement des batteries avec une ventilation spéciale. Ces derniers ne sont pas obligatoires pour le chargement des batteries au lithium.

La viabilité des caristes est grandement améliorée avec les deux types de chariots élévateurs électriques parce que les odeurs des pots d'échappement des chariots élévateurs thermiques dues à la combustion du Diesel ne sont plus présentes. Cependant, les chariots élévateurs avec des batteries au plomb-acide dégagent des petites odeurs de gaz ou d'acide, tandis que les chariots élévateurs avec une batterie au lithium n'émettent aucune odeur. Les autres bénéficiaires seront les personnes travaillant dans les entrepôts parce qu'il y aura une réduction des bruits des moteurs.

**Figure 19 - Comparaison des temps de chargement entre une batterie au lithium et une batterie au plomb**



**Source : Batteries Lithium-Ion : est-ce que ça en vaut vraiment le coup ?, (Kluczka)**

L'autonomie des chariots élévateurs thermiques est relativement élevée et le plein du réservoir peut être effectué rapidement. Dans le questionnaire distribué aux logisticiens, il a pu être constaté que cela dérangeait un cariste d'aller effectuer les pleins. C'est sur ce point qu'existe le plus important changement entre les deux batteries comme le montre le schéma de la page précédente.

Le temps de charge d'une batterie au lithium peut être beaucoup plus rapide que celui d'une batterie au plomb-acide. En 40 minutes, le 60% d'une batterie au lithium peut être rechargé et en 1 heure, la totalité de la charge peut être récupérée. Cependant, l'entreprise doit posséder une prise de courant et un chargeur avec une puissance suffisante, adaptée au besoin de la batterie. Il est également fortement déconseillé de décharger à plus de 80% la batterie afin d'éviter d'endommager ses performances sur le long terme (Kluczka s. d.). De plus, lorsque le chargement de la batterie atteint moins de 20%, certaines actions sont limitées pour le cariste comme l'élevage des fourches à une hauteur élevée. Les charges rapides des batteries au lithium augmentent la disponibilité des chariots élévateurs.

A ce point de la réflexion, voici un tableau récapitulatif :

**Tableau 6 – Récapitulatif du chargement des batteries des chariots élévateurs**

	<b>Utilisation d'une demi-journée</b>	<b>Utilisation d'une journée entière</b>
<b>Batterie au plomb-acide</b>	La batterie peut être chargée lors des périodes d'inactivité en recharge lente.	Deux batteries seraient nécessaires afin de pouvoir travailler toute la journée avec un changement à la mi-journée.
<b>Batterie au lithium</b>	A la fin de l'utilisation, la batterie peut être rechargée en recharge lente. S'il y a une surcharge de travail, une recharge rapide peut être effectuée.	La batterie pourrait être rechargée totalement par une recharge rapide pendant la pause de midi (minimum 1 heure).

**Source : Données de l'auteur**

Une variable qu'il faut en prendre en compte est que toutes les recharges effectuées en cours de journée augmenteraient l'autoconsommation. Cependant, toutes les charges rapides génèrent des pics de consommation. Afin de les limiter, il faudrait connaître le programme journalier des chariots élévateurs ce qui permettrait de programmer les chargements sans effectuer de charges rapides.

La durée de vie des chariots élévateurs est semblable pour tous les modèles. Mais, le remplacement des fourches ou des équipements des chariots élévateurs dépend fortement des compétences de conduite des caristes. Quasiment tous les chariots élévateurs électriques sont composés de capteurs de chocs forts reliés à une base de donnée accessible par les supérieurs. Grâce aux données récoltées, les caristes peuvent effectuer des cours de formation si leurs compétences ne sont plus à la hauteur, ce qui permettra de diminuer les chocs et donc d'augmenter la durée de vie des véhicules. Cependant, les batteries doivent souvent être remplacées avant la fin de la durée de vie du véhicule. Les batteries au lithium ont une durée de vie trois fois supérieure à celles des batteries au plomb-acide (Jungheinrich, 2020).

Les émissions de CO<sub>2</sub> seront clairement inférieures et il n'y aura plus de nuisance sonore avec une variante à propulsion électrique. Cependant, les émissions de CO<sub>2</sub> seront encore inférieures avec un chariot élévateur électrique avec une batterie au lithium parce que l'efficacité énergétique est grandement améliorée et la consommation de kWh sur une année sera inférieure (Jungheinrich, 2020).

### **5.2.3 Conclusion**

Pour conclure, le meilleur chariot élévateur est le chariot élévateur électrique avec une batterie au lithium (41 points sur le schéma de l'analyse comparative des chariots élévateurs), le deuxième est l'électrique avec une batterie au plomb-acide (36 points) et le dernier est le thermique (35 points).

### 5.3 Camions-grues

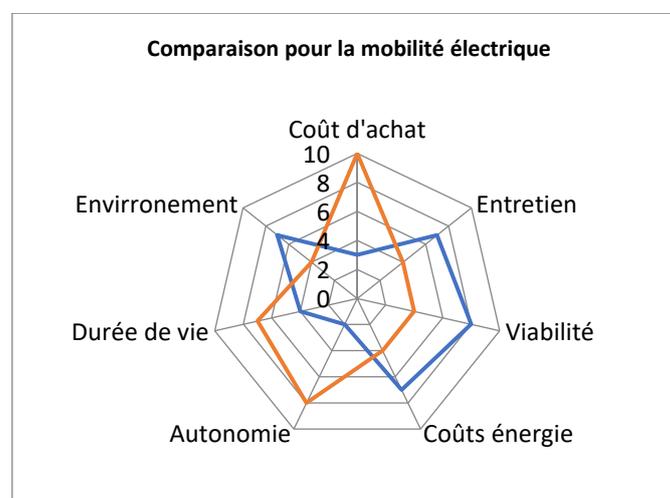
Les opportunités futures à concernant les camions-grues se tournent vers l'hydrogène. Cependant, à court terme, des nouvelles sociétés développent des batteries avec toujours plus de capacités ou des capteurs d'émissions de CO<sub>2</sub>. Un Watt d'or est décerné par l'Office fédérale de l'énergie (OFEN) chaque année. Cette année dans la catégorie « Mobilité économe en énergie », c'est l'entreprise Designwerk Products AG qui a été récompensée. Cette dernière est spécialisée dans la fabrication de camions électriques. Pour l'instant des batteries de 270 kWh rechargeables en une soirée sont produites. Plusieurs villes romandes ont commandé des camions auprès de cette entreprise. Les utilisateurs et les riverains ont été ravis. Mais cette entreprise développe actuellement des batteries de 680 kWh compatibles pour des camions avec plus de 2 essieux. La marque des camions est Futuricum. (Ammann & Futuricum, 2020)

L'école polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) a récemment breveté un procédé permettant de capter 90% des émissions de CO<sub>2</sub> des camions à même le pot d'échappement. Le procédé consiste à capter le CO<sub>2</sub>, le liquéfier et le stocker sous le camion. Ensuite, le liquide est déposé à la station-service qui le récupère et le transforme en Diesel. Pour cette technologie, il faudrait équiper les camions et également former et équiper les stations-services afin qu'elles puissent offrir ce service. (Lathion, 2020)

A plus long terme, la technologie des camions à l'hydrogène pourrait arriver sur le marché suisse. L'hydrogène pourrait permettre à des camions effectuant tous les jours les mêmes trajets d'installer des bornes de chargement d'hydrogène à un point calculé sur leur itinéraire.

#### 5.3.1 Schéma

Tableau 7 - Schéma de l'analyse comparative des camions-grues



Source : Données de l'auteur

### 5.3.2 Explication du schéma

**Tableau 8 - Budget pour le changement des camions-grues**

	Véhicule actuelle	MAN	SCANIA
Achat véhicule	210'000.-	140'000.-	600'000.-
Modification moteur	—	400'000.-	—
Grue	165'000	170'000.-	170'000.-
Pont	40'000.-	40'000.-	40'000.-
<b>Total</b>	<b>415'000.-</b>	<b>750'000.-</b>	<b>810'000.-</b>

**Source : Données de l'auteur**

Etant donné que le modèle de camion-grue recherché par l'entreprise n'existe pas sur le marché en version électrique, voici ci-dessus le budget pour un camion 2 essieux électrique. Celui de la marque MAN nécessite un changement de moteur et l'ancien moteur peut être revendu afin d'en retirer un peu d'argent, mais cette transaction n'est pas facile à réaliser. Les deux alternatives récemment arrivées sur le marché ne sont qu'une technologie en test et leurs prix restent relativement élevés, quasiment le double de prix par rapport à un camion-grue à propulsion thermique.

Selon les professionnels de la branche, une baisse des coûts d'entretien peut être constatée pour les camions à propulsion électrique par rapport aux camions thermiques. Cependant, cette baisse est inférieure en comparaison aux coûts d'entretien des voitures. La baisse des coûts d'entretien pour les camions électriques se situe entre 15 et 20% tandis que pour les voitures électriques, elle est de 30%. Cela s'explique par le fait que les garages doivent former leurs employés sur ce type de camions et créer des espaces de réparation uniquement dédiés à ce mode de propulsion.

Le confort à l'intérieur du camion est amélioré parce que l'on n'entend plus le bruit du moteur et les personnes travaillant à côté du camion n'ont plus d'odeurs qui proviennent du pot d'échappement. L'installation d'une grue pouvant fonctionner via le réseau électrique ou le moteur thermique serait un réel avantage pour les camions thermiques. Les personnes travaillant sur le chantier pour le déchargement du camion avec la grue n'entendront plus le bruit du moteur qui tourne.

Le principal enjeu de ces véhicules est l'autonomie. Elle dépend avant tout de leur utilisation. Un camion chargé, roulant sur l'autoroute verra son autonomie grandement réduite. Ces camions sont à préconiser pour des petits déplacements dans les centres villes. Il existe

aussi une technologie qui consiste à changer les batteries toutes les deux heures d'utilisation. Cependant, il s'agit d'une pratique très coûteuse et une perte de temps est à calculer parce que le camion doit rentrer à l'entrepôt pour changer sa batterie et repartir. Les coûts suivants sont à prévoir pour ce type d'utilisation :

- Achat d'un deuxième jeu de batteries
- Installation d'une place pour la batterie en chargement
- Formation du personnel pour le changement ou la création d'un rail pour l'effectuer

Toutes ces contraintes ont un coût relativement élevé. Elles peuvent représenter environ un tiers de la valeur du véhicule. De plus, le poids et la taille de la batterie nécessitent des installations et des manipulations précises.

Dans le cas de l'entreprise, l'utilisation de la grue via l'alimentation de batteries est impensable au vu de la puissance que demande la grue. Plus la grue transporte des objets lourds ou à une hauteur élevée, plus la puissance demandée est importante. En conséquence, cela diminuera grandement l'autonomie du camion.

La durée de vie des camions est identique. Cependant, les batteries doivent être changées avant le camion afin que ce dernier garde une autonomie convenable. Ceci va engendrer des coûts plutôt importants.

Malgré le fait que les normes antipollution des camions soient toujours plus poussées (actuellement la norme la plus haute est EURO 6d), les camions à moteur thermique émettent quand même beaucoup de CO<sub>2</sub>.

### **5.3.3 Conclusion**

En conclusion, les camions-grues à moteur thermique récoltent 41 points sur l'analyse comparative et ceux à moteur électrique 38 points. Les principaux écarts concernent le coût d'achat et l'autonomie.

## 5.4 Efficience énergétique

Pour commencer, les bases des moteurs à combustion thermique de type essence seront établies, ce qui permettra ensuite de faire la traduction en kWh par litre d'essence et de les comparer par rapport au kWh d'une batterie.

1 litre d'essence représente 34 MJ qui sont égales théoriquement à 9,4 kWh. Ce sont des kWh théoriques parce que le rendement d'un moteur thermique est d'environ 30%. Cela dépend du couple moteur et de la puissance. La perte d'énergie est dissipée sous forme de chaleur. Donc, 1 litre d'essence représente environ 3 kWh (Shaarli, 2012). Ces informations sont concordantes avec celles de la revue de littérature.

Autre comparaison, le poids : 1 litre d'eau est égal à 1 kg, mais 1 litre d'essence correspond à 0,755 kg (Autocarbur, s. d.). Les batteries sont 100 fois moins denses énergétiquement que les carburants thermiques (Ecole des Mines de Paris 2012). Suite aux entretiens et à la revue de littérature réalisée pour la rédaction du point 4, l'estimation du poids d'une batterie de véhicules est d'environ 6 à 8 kg par kWh. Ce poids varie en fonction du véhicule et des technologies développées par la marque du constructeur. Pour libérer 33 kWh, il faut 11 litres d'essence ce qui représente 8,305 kg et pour un véhicule électrique, entre 198 et 264 kg de batteries seraient nécessaires. La différence de poids constatée entre les deux technologies est un fait important. Ce dernier va se reporter sur le poids du véhicule et cela impactera sa consommation.

Durant la durée de vie entière d'un véhicule réalisant 100'000 km, le poids de la batterie ne changera pas. Cependant, une voiture thermique consommant 9,8 L/100 km en région urbaine, aura consommé 9'800 litres d'essence ce qui correspond à 7'399 kg. Par cette opposition, on peut remarquer que les frais économiques et environnementaux dus à l'approvisionnement seront plus importants sur la durée d'un véhicule thermique qu'électrique.

En prenant les premières variables établies au début de ce chapitre, il est possible de constater que pour 100'000 km en région urbaine, un véhicule électrique consomme le 40% des kWh que consomme un véhicule à propulsion thermique.

**Tableau 9 - Comparaison de la consommation de kWh**

	<b>Consommation kWh par km</b>	<b>Consommation totale</b>
<b>Thermique</b>	0,29 kWh	29400 kWh
<b>Electrique</b>	0,12 kWh	12'000 kWh

**Source : Données de l'auteur**

Cela signifie qu'une augmentation de la même valeur du prix de l'essence par kWh que du prix de l'électricité par kWh aura moins d'impact sur un véhicule électrique. Pour le cas analysé précédemment, une augmentation de CHF 0,01 du kWh d'électricité correspond à une augmentation de CHF 0,0122 du litre d'essence. Les calculs détaillés sont présentés ci-dessous. Dans l'ouvrage « *Energie : Economique et politiques* », il est précisé que le prix du pétrole apparaît comme le prix directeur des énergies. Cela signifie que si le prix du pétrole augmente, le prix des autres énergies augmente aussi (Hansen & Percebois, 2019).

Equivalence changement de prix							
	kWh utilisé	Prix essence	Prix kWh		Total	Différence	
Thermique	29'400	CHF 1.665	CHF 0.56	CHF	16'317	CHF	14'277
Electrique	12'000		CHF 0.17	CHF	2'040		
Thermique	29'400	CHF 1.677	CHF 0.56	CHF	16'437	CHF	14'277
Electrique	12'000		CHF 0.18	CHF	2'160		
Thermique	29'400	CHF 1.690	CHF 0.56	CHF	16'557	CHF	14'277
Electrique	12'000		CHF 0.19	CHF	2'280		
Thermique	29'400	CHF 1.702	CHF 0.57	CHF	16'677	CHF	14'277
Electrique	12'000		CHF 0.20	CHF	2'400		

## 6. Taxe et impôts liés aux différents véhicules

### 6.1 Impôt sur les plaques

En Valais, l'impôt sur les véhicules est perçu sur tous les véhicules automobiles immatriculés. Le barème de taxation est fixé à l'article 5 de la loi sur l'imposition des véhicules automobiles du Canton du Valais. Dans cette loi, il est aussi précisé que le Conseil d'Etat peut exonéré partiellement ou totalement des véhicules répondant à des normes particulièrement favorables à l'environnement, mais cela ne concerne pas les véhicules électriques. Ces derniers sont régis à l'article 5 alinéa 1 lettre f. Les véhicules électriques bénéficient quand même d'un impôt considérablement inférieur à celui des véhicules à propulsion thermique (Le Grand Conseil du canton du Valais, 2018) .

Voici la comparaison avec l'exemple d'une Renault kangoo.

**Tableau 10 - Comparaison de l'impôt sur les plaques**

Thermique	1461 cm <sup>3</sup>	CHF 211,50
Electrique	44 kW	CHF 116.-

**Source : Données de l'auteur**

Une prime à l'achat de CHF 3'000.- sera accordée par l'Etat du Valais à fonds perdus pour l'achat d'une voiture électrique neuve à propulsion électrique à partir de 2021 (Conseil d'Etat valaisan, 2019). Normalement, cette prime remplacera la baisse de l'impôt. Une prime de CHF 500.- est également allouée pour l'installation d'une borne de recharge privée. Ces deux aides ont été créés par l'Etat du Valais afin d'inciter les citoyens à un changement de propulsion. Elles s'inscrivent dans la stratégie de développement durable à l'horizon 2030 qui se nomme *Agenda 2030*.

### 6.2 Impôt sur les huiles minérales et taxe CO<sub>2</sub>

La taxe sur le CO<sub>2</sub> est un instrument financier politique dont dispose la Suisse afin d'atteindre ses objectifs pour la protection du climat. Il s'agit d'une taxe incitative dont les deux tiers des rentrées d'argent sont redistribués à la population et aux entreprises par le biais des assurances-maladies et des caisses de compensation AVS. Le tiers restant, mais au maximum 450 millions, sert à financer le *Programme Bâtiments* qui vise à rénover les anciennes constructions afin de faire baisser leur consommation énergétique (OFEV, 2019).

Cependant, la loi sur le CO<sub>2</sub> ne concerne pas directement les carburants tels que l'essence ou le Diesel. Ces derniers sont taxés via la loi sur l'imposition des huiles minérales (Limpmin). Selon l'article 1 alinéa a et b de la loi cette loi, « la Confédération prélève :

- un impôt sur les huiles minérales grevant l'huile de pétrole, les autres huiles minérales, le gaz de pétrole et les produits résultant de leur transformation, ainsi que les carburants.
- Une surtaxe sur les huiles minérales grevant les carburants. » (Limpmin, 2020)

Cet impôt est prélevé lorsque les citoyens font leur plein à la borne d'essence. De ce fait, il impacte directement le prix de vente par L de l'essence ou du Diesel. Il se monte à 73,12 cts pour l'essence sans plomb et à 75,87 cts pour l'huile de Diesel. 45% des recettes de cet impôt sont attribuées à la caisse fédérale, 50% à des tâches liées à la circulation routière et 5% aux fonds pour les routes nationales et le trafic d'agglomération. (AFD, 2020)

### 6.3 Redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations

Les deux camions-grues utilisés par l'entreprise Ferd. Lietti sont soumis à la redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations parce que les deux camions répondent aux points mentionnés ci-dessous :

- Poids total autorisé du véhicule supérieur à 3'500 kg
- Véhicule utilisé pour le transport de marchandises
- Immatriculation en Suisse et à l'étranger et circulent sur le réseau routier suisse

Le but de cette redevance est la promotion de l'acheminement des marchandises par le rail par des financements des grands projets ferroviaires. Le calcul de la taxe se base sur le poids total du véhicule autorisé et sur le kilométrage (AFD, 2018). Les deux camions-grues font partie de la norme Euro 6. Ils sont donc dans la catégorie III de la redevance et le tarif est de 2,28 ct./km. Les camions à propulsion électrique sont exemptés de la RPLP en application à l'article 3 alinéa 1 lettre j de l'ordonnance relative à une redevance sur le trafic des poids lourds (AFD, 2019).

Cette redevance pour l'entreprise Ferd. Lietti se monte à CHF 729,6 par 1'000 km.

**Tableau 11 – Montant de la RPLP par camion**

Poids total	32 tonnes
Tarif selon émission (Euro 6)	2,28 ct./km
Nombre de kilomètres parcourus	1'000 km
Calcul	$32 \times 0,0228 \times 1000 = \text{CHF } 729,6$

**Source : Données de l'auteur**

Le tableau ci-dessous montre le montant de la redevance par tranche de 1'000 km pour un camion.

**Tableau 12 - Montant de la RPLP par tranche de 1'000 km**

Km	1'000	2'000	3'000	4'000	5'000	6'000	7'000	8'000	9'000
CHF	729,6	1'460	2'189	2'918	3'648	4'378	5'108	5'837	6'565

**Source : Données de l'auteur**

#### **6.4 Redevance forfaitaire sur le trafic des poids lourds**

Il s'agit d'une redevance liée aux prestations qui est payée sur le trafic des poids lourds. Elle est destinée aux véhicules à moteurs de transport et les remorques dont le poids total excède les 3,5 tonnes. Les chariots élévateurs de l'entreprise, n'ayant pas un PTAC supérieur à 3,5 tonnes, ne sont pas soumis à cet impôt (AFD, 2020). L'imposition se fait par le biais des plaques. Cependant, si un chariot élévateur s'engage sur la route, il doit être obligatoirement immatriculé.

#### **6.5 Redevance pour l'utilisation des autoroutes**

Cette redevance est active depuis 1985 et doit être payée par tous les véhicules qui utilisent des tronçons autoroutiers ou semi-autoroutes. Elle est régie par la loi sur la vignette autoroutière (LVA). Elle perçue sous forme d'une vignette qui doit être collée sur le parebrise. Le prix de vente de la vignette est de CHF 40.- et elle est valable une année. Cependant, cette taxe n'est pas perçue sur les véhicules déjà soumis à la RPLP. Pour l'entreprise Ferd. Lietti, les deux camions-grues n'ont pas besoin d'acheter la vignette pour utiliser les autoroutes et les semi-autoroutes. Par contre, elle est obligatoire pour tous les autres véhicules qui empreint les autoroutes et les semi-autoroutes. (AFD, 2020)

## 7. Transition énergétique de l'entreprise

Un questionnaire a été transmis aux collaborateurs de l'entreprise travaillant dans différents domaines, tels que les employés de bureau, les logisticiens, les conseillers à la clientèle et les chauffeurs. Toutes les questions posées sont consultables à l'annexe 11. La première partie concerne les comportements des collaborateurs en général. Elle permet de connaître leurs points de vue sur la transition énergétique et leurs comportements en faveur du développement durable. La deuxième partie concerne les corps de métiers spécifiques. 33 réponses ont été reçues (18 employés de bureau, 10 conseillers de vente, 3 logisticiens et 2 carreleurs). Des informations ont également été récoltées sur la partie des chauffeurs qui se sont enregistrés dans la partie logisticiens. Au point 7.1, les résultats de la première partie du questionnaire seront analysés. Une analyse par fonction suivra dans les chapitres suivants.

### 7.1 Réponses sur la partie générale

Le premier enseignement qu'il est possible de tirer de l'analyse du questionnaire est que la plupart des employés se sentent concernés par la problématique environnementale. La plupart d'entre eux lie la parole aux actes. Il y a 66% des collaborateurs qui entreprennent des actions telles que le tri des déchets, des achats responsables et locaux ou qui font attention à leur utilisation de la voiture ou du chauffage comme on peut le voir sur ce nuage de mots. On constate ainsi que la majorité des collaborateurs ne s'opposerait pas à l'idée d'entreprendre des actions pour le bien de l'environnement puisqu'ils en effectuent déjà en dehors de leurs heures de travail.

Figure 20 – Actions environnementales réalisées par les collaborateurs



Source : Données de l'auteur

La majorité des collaborateurs habite la région du Valais central et se déplace en voiture. L'entreprise pourrait promouvoir un système de covoiturage afin que les collaborateurs se rendent au travail ensemble. Pour ce faire, l'entreprise doit être ouverte au dialogue avec les personnes souhaitant faire du covoiturage mais n'ayant pas les mêmes horaires pour trouver des arrangements. Les mêmes discussions pourraient avoir lieu si une personne souhaite se déplacer en transport public et faire du télétravail dans le train. De plus, l'entreprise ne se situe qu'à une quinzaine de minutes à pied de la gare et est aussi bien desservie par les bus sédunois, avec un arrêt de bus se situant à côté des locaux. Mais après la crise sanitaire du Covid-19, l'attrait pour les transports publics risque de baisser.

Il faut également remarquer qu'il est important pour la plupart des employés que l'entreprise pour laquelle ils travaillent ait une conscience énergétique. L'entreprise pourrait proposer la création d'un comité énergétique (Senden, 2008). Il s'agirait d'un groupe, constitué de cinq personnes provenant idéalement de différents départements de l'entreprise, qui se réunirait deux fois par année afin de proposer des améliorations énergétiques à la direction. Pour que cela fonctionne, il est nécessaire de trouver des personnes motivées et volontaires souhaitant être actives dans ce domaine au sein de l'entreprise. Il est ressorti du questionnaire que sept personnes seraient inéressées à rejoindre ce comité, mais seulement de deux départements : l'administratif et la vente. Pour que ce comité soit efficace, il faudrait trouver un responsable énergétique qui puisse aider la direction à mettre en place les changements et contrôler que les processus soient respectés.

Différentes possibilités s'offrent à l'entreprise, comme le changement des gobelets ou tasses jetables par la création de verres ou tasses personnalisés. Ces derniers créent un sentiment d'appartenance des collaborateurs à la marque entreprise (étudiante collégiale du Québec, 2017). De plus, avoir un effet personnel à son nom est toujours gratifiant pour les personnes. Lors de rendez-vous clients, des verres ou des tasses à l'effigie de la marque peuvent mettre en avant la conscience de durabilité que souhaite instaurer l'entreprise en se souciant des moindres détails. Ce changement peut facilement être opéré et contribuera à baisser considérablement les déchets de plastique et de carton, ce qui diminuera l'empreinte environnementale de l'entreprise. Après sept réutilisations, un gobelet réutilisable a un impact inférieur sur l'environnement par rapport à un gobelet en plastique ou à un gobelet biodégradable (Foulon, 2015).

## **7.2 Employés de bureau**

Toutes les réponses récoltées pour la partie employés de bureau seront utiles afin d'édicter la charte pour les employés de bureau qui se trouve à l'annexe 18.

Il est possible de remarquer que seulement un employé sur les dix-huit interrogés retire la prise de son ordinateur lors de chaque absence (par exemple en fin de journée de travail). Il serait judicieux de le faire parce que les ordinateurs consomment de l'énergie même après avoir appuyé sur le bouton « Eteindre ». Il s'agit d'une sorte de veille cachée. Ce phénomène s'explique par le fait que l'interrupteur principal se situe après le transformateur et que ce dernier consomme de l'énergie à cause du courant résiduel qui continue de circuler. La puissance de ces appareils qui restent connectés à internet ou à des réseaux de données peut atteindre jusqu'à 6 W (QueChoisir, s. d.), ce qui correspond à une consommation de 0.006 kWh. Pour une estimation de 20 ordinateurs restant en veille cachée pendant douze heures par jour pendant une année, cela correspond tout de même à plus de 500 kWh. Le fait de retirer la prise plusieurs fois peut endommager le câble et la prise. Une solution serait de brancher les prises sur une multiprise avec un interrupteur et de la débrancher lors de chaque fin d'utilisation. Une autre solution, un peu plus coûteuse, serait l'installation de multiprises intelligentes détectant la mise en service de l'appareil et la mise en veille.

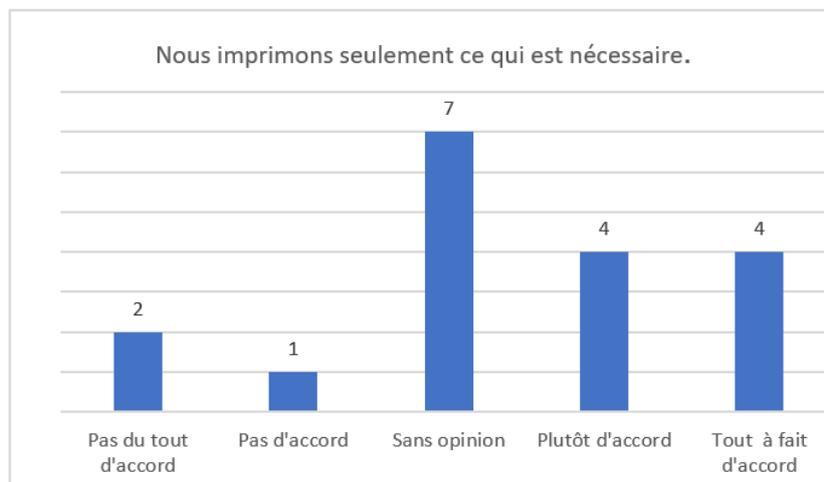
Eteindre son écran pour les absences de plus de quinze minutes et son ordinateur lors de départ d'une heure ou plus peut faire économiser beaucoup de W. Un ordinateur en fonction consomme 120W. Seulement 22% des employés effectuent cette démarche. Ces petites actions pourraient être couplées à beaucoup d'autres afin de réaliser quelques économies d'énergie comme mettre la photocopieuse en stand-by après chaque utilisation, utiliser la lampe de bureau au lieu des lumières au plafond ce qui permettra de l'éteindre lors de chaque sortie du bureau et utiliser les escaliers plutôt que l'ascenseur. Ce dernier point est également bien pour la santé physique du collaborateur. Le remplacement des ordinateurs fixes en ordinateurs portables baisse de dix fois leur consommation d'énergie. Ce point sera discuté dans la partie concernant le télétravail. (UNINE, 2008)

L'utilisation de papiers recyclés pour les impressions de documents destinés à des collègues ou à des entreprises partenaires ne va pas faire baisser la consommation d'énergie de l'entreprise mais les papiers recyclés sont plus respectueux de l'environnement. De plus, le papier gris recyclé est de 10 à 15% moins cher. Le papier recyclé nécessite trois fois moins d'eau pour sa production que le papier à base de fibres fraîches et contribue à la baisse de la déforestation. De plus, le papier recyclé peut être recyclé plusieurs fois. Le transfert du maximum d'informations internes par voie électronique est primordial. De plus, l'inscription d'une citation comme « Be green, keep it on the screen » que possède l'HES ferait réfléchir les personnes qui impriment tous les mails. Certaines autres recommandations afin de faire baisser la consommation de papier peuvent être effectuées comme l'impression recto-verso, contrôler les impressions avec l'onglet « aperçu » avant d'imprimer et utiliser le verso des imprimés non-confidentiel comme feuille de brouillon (Ecopaper, 2006) . Pour ce faire,

l'entreprise doit entreprendre la commande de papiers recyclés et sensibiliser les collaborateurs sur cette thématique. Car comme il en ressort du questionnaire, seulement trois personnes font actuellement attention à utiliser du papier recyclé.

Les employés de bureau ont également été interrogés sur le sens qu'ils donnent à cette phrase : « Nous imprimons seulement ce qui est nécessaire. » et les résultats sont les suivants :

**Figure 21 - Avis des collaborateurs par rapport à la phrase suivante : « Nous imprimons seulement ce qui est nécessaire. »**



**Source : Données de l'auteur**

Il est possible de remarquer que la majorité est sans opinion et que la plupart des employés est en concordance avec la citation. Seulement une minorité est en désaccord.

83 % des employés possèdent déjà une plante dans leur bureau. Ces dernières améliorent l'humidité ambiante et neutralisent les polluants (FUPS, 2010). La culture de plantes effectue le même travail qu'un humidificateur. En plus de leur vertu pour l'air ambiant, elles apportent de la verdure qui est source de bonne humeur. Elles améliorent également la productivité, réduisent le stress et stimulent la créativité. Il faudrait au moins une plante verte pour trois collaborateurs (Valette, 2019). Comme le prouve une étude du *Journal of Environmental Psychology*, la présence de plantes augmente grandement la concentration parce qu'avant même de commencer à travailler, une multitude de facteurs environnementaux visibles et invisibles affectent la productivité (Torres, 2019). La proximité d'une source de lumière naturelle est aussi un facteur primordial. L'installation de lumières avec cellules photométriques adaptant leur puissance à la luminosité permet également de baisser la consommation d'électricité. Une diminution de la puissance de l'éclairage entraîne une

réduction d'apports de frais en été ce qui améliore le confort des usagers du bureau. De plus, d'après le questionnaire, la majorité des employés éteint sa lumière lorsque la lumière du jour est suffisante. Cela constitue un point positif.

Cependant, seulement 33% des employés l'éteignent lorsqu'ils sortent de leur bureau, 17% le font occasionnellement et 50% ne le font pas du tout. Dans la revue de littérature, il est mentionné que pour les sorties de plus de 10 minutes, il serait préférable d'éteindre la lumière afin de limiter la consommation et de permettre à l'air de se rafraîchir comme cité précédemment. Si on éteint la lumière à chaque sortie du bureau, cela devient une habitude pour les collaborateurs. Les sorties de bureau inférieures à 10 minutes sont très occasionnelles. Donc dans l'ensemble, ce serait bénéfique afin de faire baisser la consommation.

Concernant le télétravail, cela a pu être testé par beaucoup d'employés de bureau en cette période de confinement due à la pandémie du Covid-19. Seulement deux employés parmi ceux interrogés ne seraient pas d'accord d'effectuer du télétravail. L'instauration du télétravail permettrait à l'entreprise d'économiser de l'énergie, comme le branchement de l'ordinateur et l'utilisation des lumières. Il permettrait également de diminuer les déchets. De plus, les employés voient d'un bon œil le télétravail. Cela leur permettrait d'organiser leurs journées de travail comme ils le souhaitent. Ce système est très intéressant pour les personnes qui doivent préparer à dîner à midi ou qui doivent s'occuper de leurs enfants en bas âge. Le collaborateur pourra éviter le trajet qu'il fait pour venir au travail, cela diminuera ses frais, son empreinte carbone et aussi son stress dans le trafic aux heures de pointes ou des éventuelles retards dans les transports publics. Cependant, le télétravail ne devrait pas devenir une obligation. La direction devrait laisser la porte ouverte aux employés qui désirent en faire et discuter avec eux des différentes modalités. La présence des employés au bureau quelques jours dans la semaine est indispensable afin de garder un contact social avec les autres collaborateurs. Les tâches nécessitant des discussions avec des collègues ou le contact avec la clientèle devraient continuer à être effectuées depuis leur bureau parce que les visio-conférences ne sont pas le meilleur moyen pour faire passer un message ou conseiller un client. Seules les tâches qui permettent un travail similaire sur le lieu travail et à la maison devraient pouvoir bénéficier du télétravail partiel. Avec ce système, des bureaux pourront être supprimés et aménagés pour d'autres usages (salle de réception, salle de détente, etc.). Les personnes en télétravail pourraient se partager le même bureau si elles ne travaillent pas les mêmes jours. Les installations fixes se limiteraient au strict minimum. Leur ordinateur portable remplacerait l'ordinateur fixe. L'installation d'écrans afin de brancher l'écran des ordinateurs portables serait un bon point afin d'améliorer le confort des usagers.

Plusieurs freins sont présents dans notre société concernant le télétravail comme la réorganisation du travail du fait que les collaborateurs sont éloignés psychologiquement et physiquement de leur lieu de travail. La création d'un espace de travail online sécurisé est souvent nécessaire. Une fois ce dernier créé, il peut aussi simplifier le travail de tous les collaborateurs et peut offrir un meilleur suivi de la gestion de l'entreprise si toutes les informations se trouvent sur une seule plateforme. Le management à distance des supérieurs sort des méthodes de management traditionnelles et offre une plus grande liberté aux collaborateurs en diminuant le contrôle de la part des supérieurs. De plus, certaines personnes sont plus productives depuis leur domicile tandis que pour d'autres une perte d'efficacité est ressentie. Cependant, ce point doit être analysé au cas par cas avec chaque employé selon sa situation familiale ou le lieu dont il dispose pour travailler à son domicile. Dans la revue de littérature, il est expliqué que le télétravail est souvent considéré comme un privilège parce qu'il ne peut pas être effectué par toutes les personnes de l'entreprise et cela crée des tensions internes. (Aguilera & al., 2016)

### **7.3 Carreleurs**

Les carreleurs n'utilisent pas d'outils à batterie électrique. Ces derniers auraient pu être intéressants s'ils possédaient plusieurs batteries pour un outil. Une batterie est utilisée par le carreleur sur le chantier et la deuxième reste à l'entrepôt à Sion afin de se recharger durant la journée grâce à la production solaire. Sur les deux carreleurs ayant répondu au questionnaire, seulement un serait d'accord d'utiliser une voiture électrique. La personne réticente l'est d'un point de vue de la production de l'énergie électrique. Comme cité précédemment, un véhicule électrique est bon pour l'environnement si sa source d'énergie provient d'une source renouvelable ce qui est le cas grâce à la production solaire ou avec l'achat d'option garantissant que le courant électrique provient d'une source propre. De plus, le courant électrique suisse est relativement propre, comme expliqué auparavant. Une information devrait être faite avant d'imposer le changement. Il faudrait, en premier lieu, effectuer un test avec les carreleurs motivés par le changement. Ensuite, ces derniers pourront partager leur expérience et aussi persuader leurs collègues que celui-ci est possible et durable. En conclusion, selon eux, leur quotidien ne serait pas bouleversé par ce changement à part qu'ils pollueraient moins et que cela feraient de la publicité pour l'entreprise.

Les carreleurs restent environ une demi-journée par semaine à l'entrepôt. Celle-ci pourrait être utilisée pour recharger à 100% les batteries des véhicules avec le courant de la production solaire.

#### **7.4 Chauffeurs des camions-grues**

Les chauffeurs des camions-grues n'ont pas apporté beaucoup de réponses au questionnaire. Afin d'avoir des informations plus précises sur leur travail, une journée sur le terrain aurait été plus efficace. Il est tout de même possible de constater qu'ils ne connaissent pas les camions-grues avec une grue électrique mais qu'ils seraient d'accord de travailler avec cette technologie. Un des chauffeurs a aussi affirmé qu'il y a du courant électrique lorsqu'ils sont sur un chantier. Cette réponse est très importante à prendre en compte s'il faut brancher la prise de la grue pour la faire fonctionner.

#### **7.5 Vendeurs et représentants**

Dans la salle d'exposition, certains réfrigérateurs sont branchés, d'autres non. Si, lors de chaque week-end et jours de congés, les frigos étaient débranchés, cela permettrait une économie d'énergie considérable. Un réfrigérateur de 150 litres consomme en moyenne 201 kWh par année (Ecorise, 2018). En Suisse, environ 30% des jours ne sont pas ouverts donc une économie de 60 kWh par années et par réfrigérateur pourrait être réalisée. Cependant, il existe une contrainte de faisabilité. Si le réfrigérateur est rempli de boissons, ces dernières ne résisteraient pas aux variations chaud-froid. Il faudrait alors regrouper toutes les boissons dans le même réfrigérateur, idéalement celui qui consomme le moins d'énergie, et retirer les prises des autres réfrigérateurs. La mise en place d'un responsable de cette tâche est nécessaire pour éviter les oublis.

Des lumières équipées de détecteurs de mouvements sont déjà installées, ce qui permet une économie d'énergie lorsque personne n'est présent dans la salle. Il est également intéressant de sonder les conseillers afin de savoir s'ils ont pour habitude d'orienter les clients vers des produits plus écoresponsables. 44% d'entre eux font déjà cette démarche. Il serait nécessaire de former les employés sur cette démarche si l'entreprise souhaite se faire normaliser. Concernant les entretiens avec les clients, 56% des conseillers utilisent des gobelets ou des verres jetables. Ils pourraient être remplacés par de la vaisselle réutilisable comme expliqué auparavant. De plus, en expliquant aux clients la démarche, cela donnerait une légitimité certaine à l'entreprise. Cependant, quelques gobelets jetables devraient être conservés afin que les clients totalement réticents aux changements ne soient pas en froid avec l'entreprise parce qu'elle les oblige à changer leurs habitudes.

#### **7.6 Logisticiens**

Tous les logisticiens ayant répondu au questionnaire connaissent déjà les chariots élévateurs électriques et seraient d'accord de travailler avec. D'ailleurs, ils y voient les avantages suivants : la baisse de pollution dans l'entrepôt fermé, moins de bruit, pas besoin

d'aller faire le plein et moins d'entretien. Pour reprendre le fait de ne plus aller faire le plein, le principal inconvénient qui ressort est que les chariots élévateurs électriques ne peuvent pas être utilisés lors de du chargement de la batterie. Le plein d'un chariot élévateur thermique se réalise en cinq minutes tandis que le chargement d'une batterie dure minimum une heure. Ce dernier point nécessitera une adaptation des collaborateurs au processus de chargement proposé par l'entreprise. Un autre inconvénient relevé est la vie des batteries et son recyclage. Pour ce point, une information peut être faite par la direction afin de rassurer et d'informer les collaborateurs qui souhaitent avoir des renseignements supplémentaires sur les changements de propulsion. Les logisticiens qui ont déjà eu une expérience avec ce type de chariots élévateurs les trouvent plus confortables et silencieux. Ils ont apprécié travailler avec le chariot élévateur électrique que l'entreprise a eu en prêt.

## **7.7 Certification**

L'entreprise ne possède actuellement aucune certification. L'obtention de certifications donne une bonne image de l'entreprise aux nouveaux clients et réhausse l'image de marque (Luu, 2017). La normalisation est une possibilité mais pas une obligation. Il est possible d'effectuer uniquement les démarches afin de profiter des avantages directs qu'une certification offre comme la baisse de la facture d'énergie ou la diminution des émissions de CO<sub>2</sub>. La certification sert à prouver à des tiers la mise en place des démarches. L'association Suisse de Normalisation (SNV) est l'interlocuteur suisse des normalisations internationales et européennes (SNV, 2020).

Les certifications ont un coût qui est plutôt important pour les normes ISO 9'001 et 14'001. Pour une entreprise de 65 employés, le coût moyen de la première certification est de CHF 15'000.-, le coût moyen d'une re-certification est de CHF 10'000.- et le coût moyen pour la garder sur 3 ans est de CHF 25'000.- (Service d'accréditation suisse, 2020). A la fin de l'addition de ces coûts, il faudrait se poser la question cruciale mais nécessaire : combien la certification va rapporter d'argent ? Pour y répondre, il faut connaître le nombre de nouveaux clients qui seraient prêts à travailler avec l'entreprise uniquement si elle possède la certification.

### **7.7.1 ISO 9'001 – 14'001 – 50'001**

Les normes ISO sont rédigées par l'Organisation internationale de la normalisation d'où l'acronyme ISO. La norme ISO 9'001 « Systèmes de management de la qualité » repose sur les principes d'une forte orientation client, de la motivation et de l'engagement de la direction. Elle donne l'assurance au client d'avoir des produits et des services de qualité. La norme ISO 14'001 « Management environnemental » donne à toutes les parties prenantes l'assurance

que l'impact environnemental fait l'objet de mesures et d'améliorations. La norme ISO 50'001 « Management de l'énergie » vise à améliorer la performance énergétique de l'organisation avec un cadre défini d'exigences fixées par la norme. (ISO, 2020)

### **7.7.2 Valais excellence**

Le label Valais excellence récompense la mise en place d'un management durable et intégré au cœur d'une organisation d'une entreprise valaisanne. Le point fort de ce label est l'adhésion à un réseau professionnel regroupant une centaine d'entreprises valaisannes provenant de plusieurs secteurs d'activités (Valais excellence, 2020). Ce label promeut un Valais moderne mais authentique et un Valais performant et soucieux du bien-être des générations présentes et futures. Il apporte aux consommateurs des entreprises certifiées Valais excellence les garanties suivantes :

- Une origine valaisanne de l'entreprise
- Une double certification de l'entreprise ISO 9'001 et ISO 14'001
- Un engagement de l'entreprise dans une démarche citoyenne à l'égard du Valais et de ses habitants

Les différentes démarches à effectuer afin de se faire attribuer le label ainsi que la checklist récapitulant les points importants se trouvent sur leur site via le lien suivant : <http://www.valais-excellence.ch/fr/pages/public/label-valais-excellence-13>. L'entreprise Ferd. Lietti pourrait facilement obtenir ce label étant donné que la plupart des prérequis sont déjà remplis.

## **7.8 RCP**

L'entreprise Ferd. Lietti peut mettre en place un regroupement de consommation propre (RCP). Dans ce cas, elle prend en charge la responsabilité de l'approvisionnement en électricité de tous les membres de la RCP. Ces derniers seront reliés par une convention interne. Cela signifie que le courant ne peut pas passer par le réseau de distribution, ce qui engendre un coût de construction de la ligne de réseau. Le prix approximatif communiqué par une entreprise de la branche interviewée est d'approximativement CHF 300.- par mètre. Ensuite, il faut également que l'introduction de réseau dans les bâtiments raccordés soit supprimée physiquement. Ceci est une obligation et le coût est élevé. Il est au minimum de CHF 5'000.- et peut varier en fonction de la longueur. (Communication personnelle Francis Rossier, directeur de Solalpes Energie SA)

Après ces modifications, tous les membres de la RPC seront considérés comme un seul client final du point de vue de OIKEN. Cela signifie que l'entreprise Ferd. Lietti va recevoir une facture d'électricité concernant tous les membres de la RPC. Ensuite, elle devra réaliser le référencement des compteurs de la RPC et facturer la consommation aux membres. Le prix par kWh facturé aux membre du regroupement pour la consommation d'électricité venant de la production solaire doit être inférieur à celui payé à OIKEN.

L'installation doit avoir au moins 10% de la puissance de raccordement du groupement. Si un membre du regroupement n'atteint pas une consommation de 100 MWh, il ne peut pas choisir son fournisseur d'énergie. Mais, en se joignant au groupement, il aurait cette possibilité si la consommation du groupement est supérieure à 100 MWh. En choisissant leur fournisseur d'énergie, ils peuvent bénéficier d'un prix au kWh inférieur à celui de OIKEN. Donc si les membres de la RCP choisissent d'accéder au marché libre, cela permettrait de faire baisser considérablement la facture énergétique de ce membre.

Dans le cadre de ce travail, à la suite de l'analyse de la production solaire, il est possible de remarquer que la réinjection est relativement faible. Les différentes pistes proposées précédemment afin d'augmenter l'autoconsommation réduiraient d'autant plus la part réinjectée. La création d'une RCP ne serait qu'une rentrée monétaire pour l'entreprise. De plus, une telle démarche est très coûteuse et les procédures administratives sont conséquentes. Cependant, si à l'avenir le gestionnaire de réseau est prêt à louer son réseau pour créer des RCP, cette démarche pour être envisagée parce qu'il n'y aurait pas de coût de départ.

**Figure 22 – Vue aérienne des environs de Ferd.**

**Lietti**



**Source : Plan issu de vs.gis**

Actuellement, dans le cas de l'entreprise Ferd.Lietti, un raccord pourrait être envisageable avec l'entreprise Lathion Carrières et Garages SA représentée sur la figure 21 par l'aire du trait bleu et avec la maison représentée par l'aire du trait vert. Cette dernière est également une propriété de l'entreprise mais ne possède pas le même raccordement au réseau.

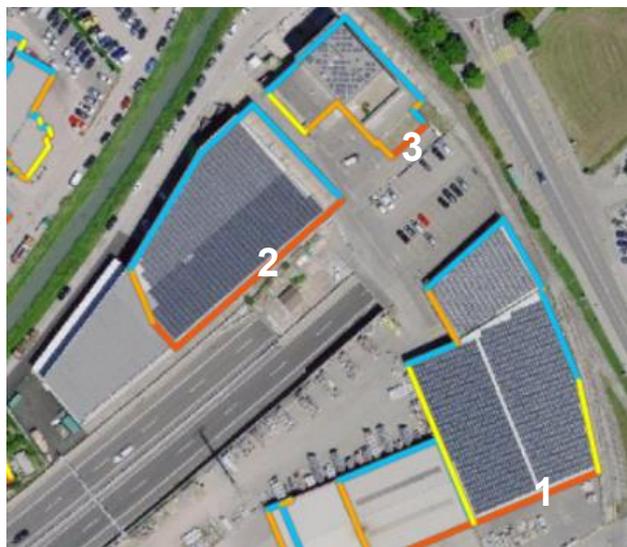
Les bâtiments situés en haut à gauche sur l'image ne peuvent pas être pas raccordés parce qu'ils sont séparés par une rue et un cours d'eau. L'article 14 alinéa 2 de l'ordonnance sur l'énergie (OEne) cite qu'il ne peut être séparé que par un seul des deux : une rue ou un cours d'eau (OFEN, 2020).

Dans l'article 15 alinéa 4 de la loi sur l'énergie (LEne), il est stipulé que les installations sous le système de la RPC ne peuvent pas être intégrées dans les calculs pour la création d'une RCP. (OFEN 2018)

### 7.8.1 Installation de nouveaux PV

Un agrandissement de la centrale solaire permettrait à l'entreprise d'augmenter sa consommation propre en hiver et de réinjecter un peu plus de courant sur le réseau en été.

**Figure 23 – Exposition des façades au soleil**



**Source : Plan de l'exposition des façades issue du site [www.uvek-gis.ch](http://www.uvek-gis.ch)**

Sur la figure 22, il est possible de remarquer que tous les toits de l'entreprise sont déjà recouverts de PV. Cependant, il est encore possible d'ajouter des panneaux solaires sur les façades de l'entreprise. Sur la figure ci-dessus, nous pouvons apercevoir en orange foncé les façades avec une très bonne exposition au soleil donc source de beaucoup d'énergie.

L'entreprise possède trois façades avec une très bonne exposition. Mais uniquement une façade serait utilisable. La façade 1 ne possède pas de paroi et la façade 3 concerne le bâtiment principal et il ne serait pas optimal de modifier l'enveloppe du bâtiment qui sert à attirer le client. De plus, cette façade n'est pas très grande et donc ne conduirait pas à une grande production.

Toutes les informations concernant l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur la façade proviennent du site [www.suisseenergie.ch](http://www.suisseenergie.ch). Le rapport du site concernant la façade est présenté à l'annexe 19. Voici dans le paragraphe suivant un bref résumé des informations importantes pour le reste de l'analyse. Les prix doivent être appréhendés à titre indicatif.

Pour l'investissement, l'entreprise pourrait bénéficier de la RU et d'une économie d'impôt. La baisse d'impôt liée à l'investissement ne sera pas analysée en détail étant donné que cette baisse nécessite un accès aux états financiers de l'entreprise. Le coût de l'installation serait de CHF 114'950.- et la RU est de CHF 14'950.-, ce qui correspondrait à un investissement de CHF 99'640.-. L'installation serait d'une puissance nominale de 42,5 kW pour une surface de 250 m<sup>2</sup>. Toute la façade ne peut pas être recouverte en raison des fenêtres et de certaines zones de la paroi souvent exposées à l'ombre. Il faudrait également éviter de mettre des panneaux solaires sur les parois à proximité directe de l'autoroute parce que la pollution se poserait sur les panneaux et altérerait leur production.

Un fait intéressant qu'il est possible de constater sur les données récoltées est que la production solaire est supérieure en hiver qu'en été. Cela permettrait d'avoir une parfaite collaboration avec les panneaux solaires disposés sur le toit. La production solaire annuelle des façades serait de 38'252 kWh réparti comme suit :

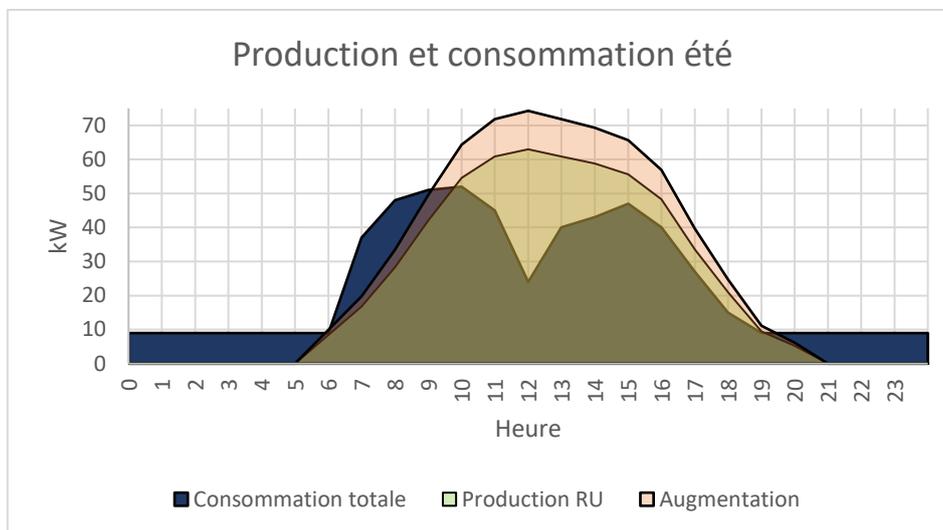
**Figure 24 – Répartition par mois de la production solaire des façades**



**Source : Données récupérées selon l'estimation de SuisseEnergie**

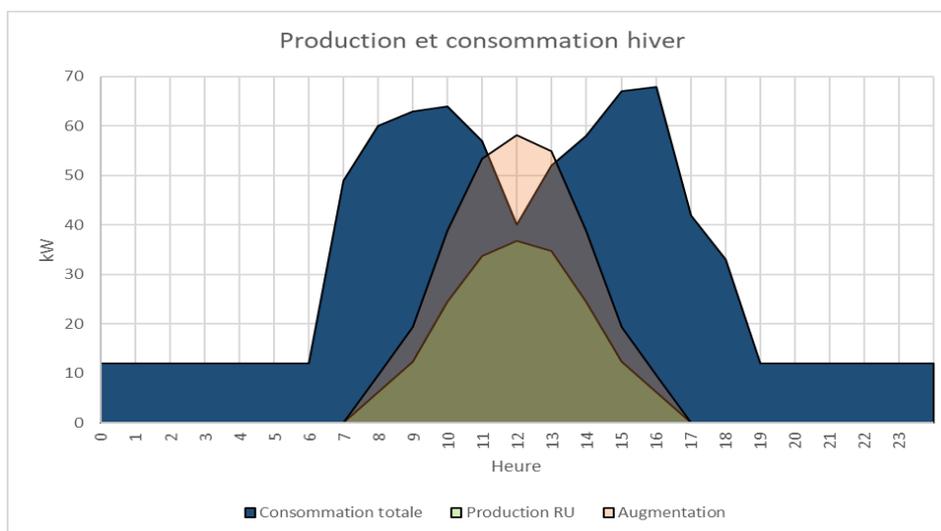
Les données ont pu être ajoutées aux estimations présentées dans les figures 8 et 9, ce qui donne les résultats suivants :

**Figure 25 – Estimation de la production et de la consommation un jour d’été avec l’installation de nouveaux PV**



Source : Données de l’auteur

**Figure 26 – Estimation de la production et de la consommation un jour d’hiver avec l’installation de nouveaux PV**



Source : Données de l’auteur

Grâce à ces estimations, il est possible d’apercevoir l’augmentation de la production. Cependant, si l’entreprise souhaite électrifier sa flotte de chariots élévateurs et de voitures, cette augmentation de la production serait entièrement absorbée par ces modifications.

Cette nouvelle installation augmenterait le degré d'autosuffisance et diminuerait le degré d'autoconsommation. Ces estimations sont calculés pour une journée de travail ordinaire. Le degré d'autoconsommation diminuerait les jours de congé d'été et, pour la même occasion en hiver, l'autosuffisance augmenterait. On peut apercevoir que l'entreprise réinjecterait un peu de sa production sur le réseau même en hiver. Mais si l'entreprise change sa flotte de chariots élévateurs, la baisse de consommation durant la pause de midi serait moins élevée parce que les chariots élévateurs seraient en chargement et donc augmenteraient la consommation et diminueraient la réinjection.

Du point de vue de l'imposition, la consommation propre n'est pas imposable mais le revenu du courant réinjecté est imposé comme un revenu. Le courant réinjecté via le contrat RCP est également imposable. L'augmentation de la consommation propre tend à faire diminuer la consommation d'énergie prélevée sur le réseau. Cela a pour conséquence la diminution des charges de l'entreprise ce qui augmenterait le résultat de l'entreprise et donc son imposition. Mais, dans l'ensemble, l'entreprise est gagnante en augmentant sa consommation propre. L'entreprise peut amortir entièrement la RU la première année. (Swissolar, 2015) L'investissement peut être amorti de façon dégressive à un taux de 50% durant les deux premières années. Ensuite, les taux usuels de 4% doivent être appliqués durant les années suivantes (AFC, 2019). Ceci aura pour incidence de diminuer fortement l'imposition de l'entreprise lors des deux premières années parce que les charges d'amortissements seront très élevées.

Pour conclure, la RCP amplifie l'autoconsommation de l'entreprise et donc augmente l'imposition de l'entreprise par le biais de la baisse des charges. Elle permet de vendre son surplus aux membres du regroupement à un prix supérieur à celui offert par le gestionnaire de réseau et ce revenu n'est pas directement imposable. Après ces dernières analyses, les coûts pour la création d'un regroupement de consommation propre n'aurait pas de sens car l'autoconsommation est déjà très élevée. Même avec l'installation de nouveaux panneaux solaires, la réinjection ne serait pas suffisante. Une augmentation de l'autoconsommation par les pistes étudiées auparavant serait plus bénéfique pour l'entreprise Ferd. Lietti.

Après l'analyse de ces différentes variables, l'étude du voisinage n'a pas été effectuée parce que le projet n'aurait aucune chance d'aboutir.

### 7.8.1.1 Temps de remboursement

Il est à présent possible de calculer le temps qu'il faut pour que l'installation soit remboursée. Pour ce calcul, les variables établies au chapitre 2.5 vont être utilisées, soit un tarif de rachat de CHF 0,065 et un tarif de consommation sur le réseau à CHF 0,17. Afin de réaliser le calcul, le degré d'autoconsommation sera de 65%.

**Tableau 13 – Calcul du gain annuel d'une nouvelle installation solaire**

Production totale	38'250 kWh	Tarif	
Autoconsommation	24'850 kWh	CHF 0,17	CHF 4'225.-
Réinjection	13'400 kWh	CHF 0,065	CHF 871.-
		<b>Total</b>	<b>CHF 5'096.-</b>

**Source : Données de l'auteur**

Les dépenses d'entretien annuelles sont de CHF 1'329.-. Les bénéfices par année de l'installation sont de CHF 3'767.-. Avec ces données, il est maintenant possible de calculer le temps de retour sur investissement. Le calcul complet est présenté à l'annexe 20. La durée de vie de l'installation est de 25 ans. Cela signifie que, si le temps de remboursement est inférieur, l'investissement est rentable. Dans les conditions de consommation actuelles, l'investissement serait remboursé à partir de la 27<sup>ème</sup> année et avec une autoconsommation de 70% à la 26<sup>ème</sup> année. Cependant, l'investissement pourrait être remboursé avant si la déduction de l'imposition est prise en compte. Cela correspond environ à trois ans de moins si la déduction est supérieure à CHF 10'000.-. Après 25 ans, l'installation continuerait de fonctionner mais sa production deviendrait moins importante.

La durée de remboursement est également fortement influencée par les tarifs du gestionnaire de réseau. Si le tarif de réinjection ou le tarif du prix de la consommation du courant provenant du réseau augmente, la durée de remboursement diminuerait. De plus, si l'entreprise augmente sa part d'autoconsommation, la durée de remboursement diminuerait également.

## 8. Recommandations

Dans l'entreprise, plusieurs améliorations pourraient être réalisées dans un court délai. Cependant, certaines opérations nécessitent quelques préparations comme la motorisation électrique des flottes de véhicules. Les processus de changement des véhicules sont détaillés à partir du chapitre 8.1.3. Au vu des prix du pétrole actuels, il est conseillé à l'entreprise de ne pas changer tout de suite leurs équipements thermiques afin de profiter de la baisse actuelle des prix de l'essence. Mais, si le changement est plus motivé par des ambitions environnementales, le prix du pétrole ne devrait pas altérer les prises de décisions.

À l'aide de l'analyse de la revue de littérature, il est important de noter que les collaborateurs préfèrent travailler avec des moyens de bonnes qualités. En plus du fait d'être gratifiant pour l'estime de soi des collaborateurs, ces derniers respecteraient plus le matériel mis à leur disposition et seraient fiers d'être associés à cette entreprise et de la promouvoir. Cela ferait de la publicité gratuite pour l'entreprise et augmenterait l'image de marque. Incorporer des autocollants sur les véhicules électriques afin de montrer aux usagers de la route que l'entreprise roule avec une solution alternative serait un bon point de communication. La mobilité électrique donne l'image d'une société innovante et pionnière qui est plus écologique.

Une mesure qui pourrait être prise de suite, serait de remettre en question l'utilité de l'éclairage du bâtiment extérieur la nuit parce qu'il consomme beaucoup d'énergie et il y a peu de passage. Pour ce fait, il est conseillé d'éteindre les éclairages de minuit à cinq heures du matin. En effet, entre ces horaires, il y a peu de passage et il est très rare qu'une personne s'arrête afin d'aller regarder la vitrine.

Le changement des ordinateurs fixes en ordinateurs portables peut être une bonne mesure d'un point de vue organisationnel et pratique. Ce changement devrait se faire progressivement en remplaçant en premier les ordinateurs qui devraient être de toute façon changés. Par la suite, si les changements sont concluants, l'entreprise pourrait penser à effectuer un changement total si elle peut bénéficier d'une offre pour le changement de grandes quantités. Les ordinateurs portables offrent une plus grande flexibilité. Ils peuvent être utilisés pour se rendre à une séance ou partager une information rapidement à un collègue en lui montrant son écran. De plus, en cas de nouvelle pandémie qui obligerait les employés de bureau à faire du télétravail, les employés seraient déjà équipés. Également, si une coupure de courant survient et que durant celle-ci les panneaux solaires ne produisent aucune électricité, les employés pourraient continuer à travailler via l'alimentation de la batterie de l'ordinateur.

Les différentes pistes de limitation de la consommation d'énergie n'auraient pas de grands effets en été parce que l'entreprise est quasiment autosuffisante durant les heures de

travail. Cependant, elles seraient utiles en hiver où la production solaire est moins importante.

Sur le très long terme, les batteries usagées des chariots élévateurs électriques ou des voitures pourraient être réutilisées pour faire du stockage stationnaire du surplus de la production solaire au lieu de le revendre sur le réseau. Les jours d'été, les batteries se rempliraient la journée et le stockage serait utilisé pour alimenter les bâtiments durant une partie de la nuit. L'entreprise devra aussi rester attentive au prix des batteries sur le long terme étant donné que le prix de ces dernières est en continuelle baisse et que leur technologie est en pleine innovation.

En plus de produire de l'énergie soit RPC soit RU, l'entreprise devrait communiquer sur ce point par l'intermédiaire de leurs réseaux sociaux ou consacrer un espace exclusivement dédié au développement durable sur leur site internet afin de sensibiliser les personnes visualisant leurs contenus multimédias et les clients. L'entreprise pourrait organiser des journées portes ouvertes et expliquer leur démarche à leur clientèle. Cela pourrait aussi attirer des écoles et ferait de la publicité pour l'entreprise.

Selon les avis des professionnels de la branche interrogés, les avantages fiscaux et les baisses des taxes pour les propulsions alternatives vont probablement disparaître sur le long terme. En effet, une fois qu'une partie du parc automobile sera équipé de ces véhicules, il est probable qu'il n'y ait plus suffisamment de financement pour l'entretien des routes ce qui encouragerait les responsables de l'état à diminuer les avantages fiscaux.

Dans la revue de littérature, il a été constaté que récompenser les bons collaborateurs augmente leur motivation. Donc, les informations récoltées sur les conduites des véhicules ne devraient pas servir seulement à contrôler les mauvais chauffards mais devraient également permettre de récompenser les meilleurs via des concours internes. Ce même processus de récompenses peut être inséré dans tous les départements de l'entreprise. Cela ajoute une motivation supplémentaire pour les collaborateurs d'adhérer aux changements. Des classements pourraient être effectués deux fois par année en récompensant les collaborateurs, par exemple, par un repas de midi entre eux, payé par l'entreprise sous certaines conditions. Cela augmenterait la cohésion entre les collaborateurs et ferait de la publicité pour l'entreprise dans l'établissement choisi.

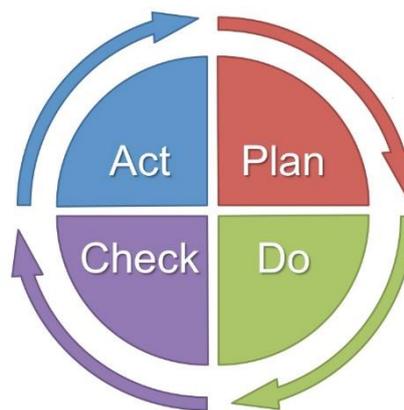
Les véhicules électriques déchargés le vendredi soir devrait effectuer leur recharge le samedi après-midi ou le dimanche en journée afin de profiter de la production solaire. Pour ce faire, une programmation des chargements est nécessaire et il ne faut pas tous les programmer en même temps pour éviter des pics de consommation et donc qu'il ne consomment plus l'énergie produite par les panneaux solaires.

## 8.1 Proposition d'un plan d'action

La gestion du changement est un point primordial pour que celui-ci soit réussi. Dans la gestion stratégique de l'énergie, la gestion du changement est très importante parce que les habitudes du quotidien des personnes sont bouleversées et ces dernières pourraient faire de la résistance. Celle-ci est liée au stress ou à la déstabilisation des acquis (Bareil, 2009). Au préalable, il est donc nécessaire d'identifier la profondeur du changement, sa rapidité et son mode d'imposition (Zid, 2006). L'adaptation de nouveaux comportements est un processus long. Il faut donc éviter de brûler les étapes et de brusquer les employés.

Les propositions de plan d'action qui suivront ont été inspirées de la roue de Deming souvent utilisées dans les projets de responsabilités sociétales des entreprises (Luu, 2017). Le but de cette roue est de transformer les idées en action dans un contexte d'amélioration continue. Voici une image de la roue :

**Figure 27 - Roue de Deming**



**Source : Récupérée sur le site Certification QSE**

Le descriptif des étapes est le suivant (Gogue, 2015) :

- Plan : la préparation d'un essai de changement. Le but est de bien préparer les projets afin d'éviter les dépenses inutiles. Il est parfois préférable de prendre le temps de bien préparer un projet au lieu de se précipiter et de perdre de l'argent inutilement à cause d'une mauvaise préparation.
- Do : Faire une expérience à petite échelle avec les dispositions prises à l'étape 1.
- Check ou Study : Etudier les résultats et les analyser afin de voir s'ils correspondent aux attentes de l'entreprise. Si ce n'est pas le cas, il faut étudier les raisons de l'échec afin que l'entreprise ait la possibilité de les corriger et recommencer le projet à l'étape 1.
- Act : Prendre une décision finale, c'est-à-dire soit adopter ou soit abandonner le

changement. Si le changement est adopté, il faudra s'appuyer sur cette expérience pour la construction de futurs projets qui amélioreraient encore plus la qualité de l'entreprise.

Ce processus doit être utilisé pour tous les changements réalisés au sein de l'entreprise. Dans la première et la deuxième partie, il est primordial d'intégrer les collaborateurs dans le processus décisionnel afin que ces derniers se sentent impliqués et qu'ils acceptent plus facilement le changement. Pour chaque proposition d'actions, les collaborateurs doivent être informés de manière transparente et doivent comprendre le but du changement. S'ils le souhaitent, l'entreprise doit mettre à disposition des collaborateurs des cours de perfectionnement. Cela concerne plus particulièrement les employés qui devront, par exemple, s'adapter au mode de propulsion électrique.

### **8.1.1 Charte pour les employés de bureau**

La charte pourrait être rapidement implantée au sein de l'entreprise, en accord avec la direction. Comme plan d'action, dès que la décision d'inclure la charte au sein de l'entreprise est accordée, il faudrait faire une séance en convoquant tous les employés de bureau. Le but de cette séance est d'informer tous les collaborateurs de la mise en action de cette nouvelle charte. Cette séance permettrait de répondre aux questions des collaborateurs. Que tout le monde soit présent au même moment simplifierait la transmission des informations. En effet, tous les collaborateurs auraient la même communication et pourraient écouter les questions et les réponses de toutes les personnes. Ensuite, un envoi de la charte en document PDF pour chaque employé est nécessaire afin que ces derniers puissent l'afficher dans leur bureau s'ils le souhaitent. Cela leur permettrait de se rappeler toutes les actions à entreprendre

Des petites affiches afin de rappeler les geste peuvent être posées devant l'imprimante ou devant la machine à café afin que les collaborateurs se souviennent des bonnes actions à entreprendre.

### **8.1.2 Comité énergétique**

Une communication par courriel au sein de l'entreprise devrait être faite afin d'informer tous les employés de la mise en place d'un comité énergétique. Le but de cet e-mail serait de communiquer à tous les employés les points suivants :

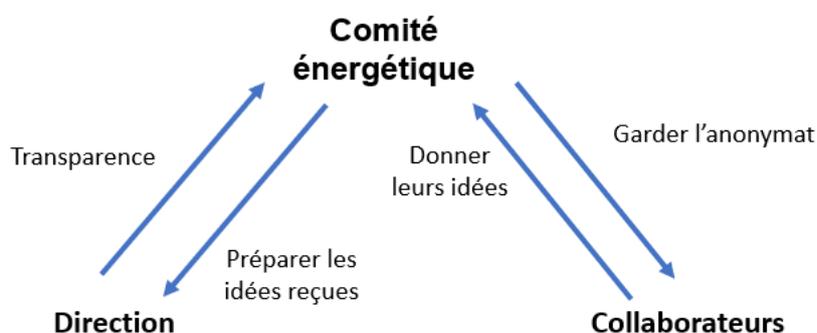
- Pourquoi une telle démarche est entreprise
- Quels sont les objectifs
- Le fonctionnement général du comité

Ensuite, toutes les personnes intéressées à rejoindre ce comité seraient convoquées à une séance d'information. Il faudrait laisser une semaine de réflexion à toutes les personnes présentes à cette séance afin qu'ils puissent bien réfléchir et rendre leur décision finale. Une fois toutes les décisions finale reçues, la direction créerait le comité. Le comité devrait être composé de quatre ou cinq personnes. Idéalement, il ne faudrait pas que deux personnes effectuant la même fonction soient dans le comité. Si seulement deux ou trois personnes sont intéressées à relever cette mission, cela serait aussi possible mais sans l'aide de leurs collègues des autres départements, leurs idées seraient moins développées. Un chef de comité devrait être désigné. La responsabilité de ce dernier serait d'épauler la direction tout au long de l'année sur les différents changements et de gérer les séances du comité.

Afin de récolter des idées de développement concernant les points énergétiques de l'entreprise, tous les collaborateurs doivent être intégrés. Le partage des idées est un point primordial dans le bon fonctionnement de cette manœuvre. Pour cela, une adresse mail devrait être créée afin que les collaborateurs ayant une idée puissent la communiquer au comité via ce canal. Le point faible de ce type de communication est que les membres du comité connaîtraient l'émetteur de cette idée, c'est pour cela que les membres du comité devraient garder anonyme les identités des collaborateurs. Cependant, il existe une solution afin que les collègues transmettent leurs idées en gardant leur anonymat. Il s'agirait de mettre en place une petite boîte entreposée dans un des lieux communs de l'entreprise afin que chaque personne ayant une idée la dépose à l'intérieur anonymement.

Le comité énergétique se réunirait deux fois par année afin de faire l'inventaire des idées des collaborateurs et de les développer pour les présenter à la direction. Un mois après chaque réunion du comité, une séance devrait donc être organisée avec la direction afin, d'une part de présenter les nouvelles idées, et d'autre part de faire un point sur les changements déjà effectués.

**Figure 28 – Schéma des flux d'informations du comité énergétique**



Source : Données de l'auteur

En résumé, une bonne collaboration entre tous les employés de l'entreprise et le comité énergétique est nécessaire afin d'obtenir des résultats concluants. Dans la figure 27, il est possible d'analyser les informations échangées entre les différents acteurs. La direction attend que le comité lui présente des idées concrètes avec des dossiers travaillés. Le comité attend de la direction en retour une transparence sur ses intentions. Le comité souhaite recevoir de la part des collaborateurs leurs idées afin de pouvoir présenter à la direction des idées réalisables. En contrepartie, le comité énergétique garantit aux collaborateurs leur anonymat. Si l'on se réfère à la roue de Deming le comité énergétique se chargerait seulement des prémices de la partie 1 qui correspond à la préparation du changement. Leur plan serait transmis à la direction qui se chargerait de le peaufiner.

### 8.1.3 Voiture

**Tableau 14 – Plan d'action pour le changement des voitures**

	Intitulé	Tâches
Dans les 6 mois	Plan des utilisations	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyser le type de parcours qu'effectue chaque véhicule</li> </ul>
Dans l'année	Sonder les carreleurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demander les avis aux utilisateurs pour le changement de propulsion</li> </ul>
Dans les 2 ans	Devis et achat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demander des devis et effectuer les demandes d'achat</li> </ul>
Dans les 5 ans	Analyses et opportunités	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyser les résultats économiques et sociaux</li> <li>Se renseigner sur les nouvelles technologies</li> </ul>

**Source : Données de l'auteur**

Dans un premier temps, l'entreprise devrait analyser avec les carreleurs où se situe leurs chantiers afin de les classer dans deux types :

1. Les chantiers nécessitant l'utilisation de l'autoroute sur plus de 80 km par jour ou dans des zones nécessitant l'utilisation d'un 4x4 tout terrain.
2. Les chantiers se situant dans des zones rurales facile d'accès par des courts trajets.

Une fois cette analyse réalisée, il faut sonder les utilisateurs potentiels afin de savoir s'ils seraient d'accord de changer leur voiture habituelle avec une voiture à propulsion électrique. Le but est de rester à l'écoute de leurs besoins. Si un accord est trouvé avec des carreleurs,

il faudrait réaliser l'achat du véhicule le plus rapidement possible afin de pouvoir bénéficier de l'aide de l'Etat à fonds perdus de CHF 3'000.- pour l'achat d'un véhicule électrique et de CHF 500.- pour l'installation des bornes de recharge.

Conserver quelques véhicules à propulsion thermique pour les déplacements dans des zones nécessitant des 4x4 tout-terrain ou vers des lieux nécessitant l'utilisation de l'autoroute est préférable. Les lieux tout-terrain sont déconseillés aux voitures électriques parce que le châssis est plus bas à cause des batteries. Les premiers modèles à remplacer seraient les plus anciens parce que l'on peut observer dans les frais d'entretien que ce sont ces derniers qui ont les frais de fonctionnement les plus élevés. De plus, ce sont également eux qui consomment le plus de carburant et émettent le plus de CO<sub>2</sub>. Comme mentionné dans le chapitre 3.2.1, il faut que les véhicules électriques parcourent quand même des distances élevées par année afin qu'une diminution des émissions de CO<sub>2</sub> sur la durée de vie entière du véhicule soit constatée. En effet, dans la phase de production et de recyclage, les véhicules électriques émettent plus de CO<sub>2</sub> que les voitures ordinaires. Mais dans la phase d'utilisation, les voitures électriques sont beaucoup moins polluantes. Après les analyses réalisées dans ce travail, il est estimé qu'une distance de minimum 6'500 km par année devrait être parcourue.

Sur le long terme, une analyse des résultats des frais de consommation et d'entretien devra être réalisée afin de constater s'il y a une baisse effective des coûts sur les véhicules. Ensuite, les utilisateurs vont être sondés afin de connaître leur ressenti. Si ce dernier est positif, cela permettra peut-être d'encourager les plus sceptiques à effectuer le changement.

Une analyse de marché devra être effectuée vers 2024-2025 afin de sonder le marché sur les nouvelles technologies comme une possible apparition de l'hydrogène en Valais ou de nouvelles voitures électriques plus efficaces énergétiquement.

### 8.1.4 Chariot élévateur

**Tableau 15 – Plan d’action pour le changement des chariots élévateurs**

	Intitulé	Tâches
Dans les 6 mois	Plan des utilisations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calculer les temps d’utilisation par jour et par chariots élévateurs</li> <li>• Trouver des arrangements d’horaire</li> </ul>
Dans l’année	Installations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préparer les différentes installations de chargement</li> </ul>
Dans les 2 ans	Devis et achat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demander des devis et effectuer le choix d’achat sur la base des analyses de cette étude</li> <li>• Achat des chariots élévateurs électriques</li> </ul>

**Source : Données de l’auteur**

A court terme, il faudrait récolter toutes les heures d’utilisation par chariots élévateurs et par jour sur une durée d’au minimum deux mois. Cela pourrait se faire par les caristes. Lors de chaque utilisation, ils remplissent un tableau hebdomadairement transmis par l’entreprise. A la fin de chaque semaine, ils le remettent au service administratif qui regroupe toutes les données. Une fois toutes les données rassemblées et analysées, il faudrait classer chaque chariot élévateur dans un type d’utilisation selon sa durée d’utilisation journalière. Il est possible de les répertorier dans 3 classes :

1. Chariots élévateurs avec une durée d’utilisation journalière inférieure à quatre heures
2. Chariots élévateurs avec une durée d’utilisation journalière inférieure à six heures
3. Chariots élévateurs avec une durée d’utilisation journalière supérieure à six heures

L’analyse comparative présentée au chapitre 5.2 montre qu’il est nécessaire que les chariots élévateurs de type 1 soient remplacés par des chariots élévateurs à batterie au plomb-acide parce que leur durée de charge n’impactera pas le travail des caristes. Dans le meilleur des cas, les batteries de ces chariots élévateurs devraient être rechargées durant les journées afin que l’entreprise puisse profiter de l’autoconsommation. Les chariots élévateurs de type 2 devraient être remplacés par des chariots élévateurs électriques avec une batterie au lithium. Ce type de véhicule permettra de réaliser quelques recharges rapides pendant les pauses des caristes tout au long de la journée afin de répondre aux besoins de ces derniers. Finalement, pour les chariots élévateurs de type 3, la variante thermique semble la plus appropriée au vue

de leur longue durée d'utilisation journalière parce qu'ils ne seraient pas dépendant des cycles de chargement de la batterie et les pleins seraient effectués rapidement pour une longue durée d'utilisation.

Dans la deuxième partie, il faut que l'entreprise prépare un ou deux lieux de chargement avec des puissances de charge adaptées aux demandes, avec des tensions minimales de 380 V.

En finalité, il n'est pas nécessaire de changer tous les chariots élévateurs en même temps mais plutôt d'une façon progressive afin de pouvoir évaluer le changement et d'en tirer les conséquences pour les négociations des prochains chariots élévateurs. De ce fait, le premier changement pourrait être effectué lorsqu'un chariot élévateur est en fin de cycle de vie ou est trop coûteux en entretien ou en énergie. Ensuite, si les changements sont positifs, une électrification de tous les chariots élévateurs peut être possible. Mais, pour remplacer les chariots élévateurs de type 3 par des chariots élévateurs avec des batteries au plomb-acide, il faudrait prévoir deux jeux de batteries afin de les changer à la mi-journée pour que le chariot élévateur soit disponible toute la journée ou avec des chariots élévateurs au lithium mais ceux-ci nécessiteraient plusieurs charges rapides. Cela causerait des pics de consommation.

### **8.1.5 Camion-grue**

La technologie des camions électriques ne convient actuellement pas aux demandes de l'entreprise. Une des possibilités qui pourrait être réalisée est une demande aux garages qui ont vendu les deux camions-grues actuellement utilisés afin de savoir si la grue pourrait être modifiée en créant une option d'alimentation électrique.

Cependant l'entreprise devra rester attentive aux prochaines technologies qui sortiront sur le marché soit en électrique soit en hydrogène. La propulsion hydrogène reste une des plus grandes espérances d'avenir en cas de baisse du coût de production de l'hydrogène. Il faudrait également la création de station à hydrogène en Valais afin que ce type de camion puisse être utilisé efficacement dans le canton.

## 9. Conclusion

Pour conclure, il est possible de remarquer à travers ce rapport que la mobilité alternative arrive à un tournant et fait face à de nombreux défis. Il faut se préoccuper également du facteur environnemental. Les émissions de CO<sub>2</sub>, le prix du pétrole et l'épuisement de ses ressources sont un grand nombre de variables à prendre en compte qui, de plus, sont tellement imprévisibles sur le long terme.

Grâce à ce travail, les différentes solutions de propulsion électrique existantes actuellement sur le marché ont été explorées. Il est possible de noter que toutes les flottes de véhicules de l'entreprise pourraient être électrifiées. Cependant, les technologies présentes sur le marché ne correspondent pas toutes aux besoins de l'entreprise. Actuellement, la meilleure alternative serait d'effectuer le changement vers l'électrique pour les véhicules qui correspondent aux besoins de l'entreprise. Attendre les futures sorties de technologies comme des batteries avec plus de capacités et moins lourdes ou les avancées technologiques dans le mode de propulsion à l'hydrogène serait nécessaire pour correspondre à tous les besoins actuelles de l'entreprise. Le mode de propulsion à l'hydrogène concerne plutôt les camions dans un futur proche. Les batteries au lithium-Soufre (LiS) devraient permettre de doubler les capacités des batteries au lithium, mais leur date d'arrivée sur le marché est inconnue (Allart, 2017).

Le mode de propulsion électrique est un peu plus cher à l'achat par rapport au modèle thermique. Mais sur le long terme, des économies sur les frais de maintenance et sur les coûts de l'énergie consommée seront réalisées. Les véhicules électriques n'émettent pas de CO<sub>2</sub> directement. Mais les émissions proviennent de la production de l'électricité. Dans le cas de l'entreprise Ferd. Lietti, si l'électricité consommée par les véhicules électriques provient de la centrale solaire, les émissions de CO<sub>2</sub> du véhicule lors de sa phase d'utilisation seront nulles.

Effectuer le changement de propulsion ne doit pas être seulement considéré d'un point de vue économique. Il doit être aussi analysé d'un point de vue éthique et en accord avec les objectifs définis par l'entreprise par rapport au développement durable. Si les prix actuels du pétrole continuent d'être aussi bas qu'en ce début d'année, les véhicules thermiques sont un peu plus rentables que les véhicules électriques. Donc, dans ce cas de figure, un choix doit être effectué entre rentabilité et conscience écologique. Mais avec un prix de l'essence situé entre CHF 1,60 et CHF 1,70 par litre, la propulsion électrique devient plus rentable sur le long terme. Dans un futur proche, plusieurs éléments vont se bousculer sur le marché du pétrole :

- Augmentation de la demande liée au déconfinement et à la reprise des activités commerciales et des transports internationaux
- Diminution de l'offre de pétrole

- Augmentation des taxes sur les carburants

La question qui doit être posée est : Quel sera le prix du carburant à la suite de ces événements ? Cependant, il est actuellement difficile d'y répondre exactement car le prix du pétrole va augmenter. Le prix qu'il va atteindre est plus compliqué à définir. Des fois, il vaut mieux agir que réagir. Anticiper le changement vers l'électrique permettra de ne pas prendre des décisions dans l'urgence ce qui engendre souvent des pertes d'argent.

Grâce aux questionnaires, il a été remarqué que les collaborateurs interrogés sont conscients des défis auxquels l'entreprise est confrontée. De plus, les divers changements proposés dans ce travail sont globalement acceptés par les employés. Si les employés adhèrent aux changements, les résultats seraient beaucoup plus positifs et ils seront fiers de travailler avec une entreprise qui va de l'avant. Ils promouvront alors une bonne image de l'entreprise à l'extérieur. Une image d'une entreprise innovante et voulant évoluer vers les défis énergétiques est une image valorisante que l'entreprise doit pouvoir conserver. Le défi du changement de propulsion en est le parfait exemple.

La communication des changements que l'entreprise a opéré à toutes les parties prenantes est un point important. Après avoir consulté la communication des concurrents directs à l'entreprise, il a pu être constaté que ceux-ci communiquent sur leur stratégie de développement durable de manière opaque. En effet, ces derniers soulignent le fait qu'ils s'engagent pour le développement durable sans exposer les actes qu'ils ont entrepris. L'entreprise Ferd. Lietti devrait axer une partie importante de sa communication sur ces actions, avec comme exemple la production solaire ou l'instauration de la pompe à chaleur. L'entreprise pourrait disposer d'un avantage concurrentiel si elle effectue les changements en premier.

Actuellement, il reste le problème des batteries et principalement de leur recyclage. Dans le cadre de l'entreprise Ferd. Lietti, les batteries des véhicules pourraient être utilisées pour faire du stockage stationnaire du surplus de la production solaire. Les batteries pourraient également alimenter en électricité l'entreprise en cas de coupure de courant. Cependant, lorsque les batteries des véhicules devront être changées, approximativement dans 15 ans, des nouvelles technologies de stockage seront certainement sorties sur le marché comme par exemple l'hydrogène. Ceci permettrait à l'entreprise d'augmenter son autoconsommation et donc la rentabilité des panneaux solaires. Le couplage des installations solaires photovoltaïques relié à des électrolyseurs pourrait produire de l'hydrogène avec un coût de l'électricité bas. Cette technologie concerne le futur parce que les coûts actuels de production d'hydrogène sont relativement élevés.

## 9.1 Limites de l'étude

Dans le but de réaliser le travail le plus complet possible, toutes les données à disposition ont été analysées. Cependant, certaines tâches n'ont pas pu être traitées à causes de différentes raisons.

Les demandes de contact auprès des entreprises vendant des voitures, des chariots élévateurs et des camions-grues ont été de trois par type de véhicules. Néanmoins, pour les chariots élévateurs et les voitures électriques uniquement un entretien a pu être réalisé. Cela a limité la comparaison des informations. Mais dans la majeure partie des cas, la différence de prix entre les différents modes de propulsion est identique. Les entretiens ont été réalisés après la période de confinement stricte afin de bien assimiler toutes les informations transmises par les interlocuteurs.

L'analyse comparative s'est basée sur des faits. Mais malgré cela, une analyse par plusieurs personnes pourrait faire diverger quelques points et changer le mode de propulsion le plus intéressant étant donné que les résultats sont très proches. Un mode de sélection avec pondération de l'importance de chaque critère en adéquation avec les buts recherchés par l'entreprise est plus adapté. Cette analyse pourrait être réalisée en consultant le tableau qui a permis de réaliser le schéma. Il faudrait insérer une pondération de 1 à 10 par critère et le multiplier aux points obtenus par critère. Ainsi, le mode de propulsion ayant obtenu le plus de points devrait être choisi.

Dans le but de récolter le plus d'informations possibles sur le fonctionnement du travail des employés, il avait été décidé d'organiser un Workshop regroupant un employé de chaque section et d'effectuer des journées sur le terrain. Mais aucune de ces deux démarches n'a pu être effectuée à cause de l'entrée en vigueur des mesures d'hygiène liées au Covid-19.

Les données financières de l'entreprise n'ont pas pu être transmises parce qu'elles sont confidentielles. Le calcul du TRI n'a donc pas pu être effectué. Quelques données, consommation et production au quart d'heure, ont été communiquées tardivement en raison des conditions actuelles liées au Covid-19. Les premières analyses ont été réalisées sur la base d'estimations. Finalement, il se trouve que ces dernières correspondaient en grande partie à la réalité, elles ont donc été légèrement modifiées et intégrées au travail. (Figure 8, 9, 23, 24).

Les parties concernant le chauffage et la climatisation n'ont pas été prises en compte. Etant donné la date de construction ancienne du bâtiment, les données de construction n'étaient plus disponibles. Dans le cas de l'entreprise, seul le bâtiment principal est équipé de chauffage et de climatisation.

## Bibliographie

- AFC. (2019). *Amortissements sur les valeurs immobilisées des entreprises commerciales*.  
Récupéré sur <https://www.estv.admin.ch/estv/fr/home/direkte-bundessteuer/direkte-bundessteuer/fachinformationen/merkblaetter.html>
- AFD. (2018). *RS 641.81 Loi fédérale du 19 décembre 1997 concernant une redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations*. Récupéré sur  
<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20000031/index.html>
- AFD. (2019). *RS 641.811 Ordonnance du 6 mars 2000 concernant une redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations*. Récupéré sur  
<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20000323/index.html>
- AFD. (2020). *Impôt sur les huiles minérales* ». Récupéré sur  
<https://www.ezv.admin.ch/ezv/fr/home/information-firmen/steuern-und-abgaben/einfuhr-in-die-schweiz/mineraloelsteuer.html>
- AFD. (2020). *Redevance forfaitaire sur le trafic des poids lourds (RPLF) pour véhicules immatriculés en Suisse*. Récupéré sur  
<https://www.ezv.admin.ch/ezv/fr/home/information-firmen/transport--reisedokument--strassenabgaben/schwerverkehrsabgaben--lsva-und-psva-/pauschale-schwerverkehrsabgabe--psva--fuer-schweizer-fahrzeuge.html>
- AFD. (2020). *RS 741.71 Loi fédérale du 19 mars 2010 concernant la redevance pour l'utilisation des routes nationales*. Récupéré sur  
<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20041429/index.html>
- Aguilera, A., Lethiais, V., Rallet, A., & Proulhac, L. (2016). *Le télétravail, un objet sans désir ?*  
*Revue d'économie régionale Urbaine*, (1), 245-266
- Allart, D. (2017). *Gestion et modélisation électrothermique des batteries lithium-ion* (Doctoral dissertation).
- Ammann, L., & Futuricum. (2020). *Futuricum | Elektro LKW | Nutzfahrzeuge | E-Trucks*.  
Récupéré sur <https://www.futuricum.com/fr/>
- Autocarbur. (s. d). *Les carburants*. Récupéré sur <http://autocarbur.free.fr/>
- AVERE. (2017). *Maintenance et entretien du véhicule électrique*. Avere-France. Récupéré sur [http://www.avery-france.org/Site/Article/?article\\_id=5888](http://www.avery-france.org/Site/Article/?article_id=5888)

Jeffrey Bitz

Bareil, C. (2009). *Décoder les préoccupations et les résistances à l'égard des changements*. Gestion, 34(4), 32-38.

BCBE, & Swiss Climate. (2020). Que représente une tonne de CO<sub>2</sub> ? Récupéré sur <https://www.bcbe.ch/nachhaltig-anlegen/eine-tonne-co2>

Bega, B. (2015). Réduire les influences environnementales de la mobilité logistique des cars postaux, pour la région de Sierre, Vercorin et le Val d'Anniviers, par la mobilité électrique (Doctoral dissertation, Haute Ecole de Gestion & Tourisme).

BM services. (2013). *Entretien de batterie de chariot élévateur*. BM services. Récupéré sur <http://www.bm-s.fr/actualites/150-entretien-de-batterie-de-chariot-eleveur.html>

Canton de Vaud. (2020). Cycles de vie des moyens de transport | VD.CH ». Site officiel Etat de Vaud. Récupéré sur <https://www.vd.ch/themes/environnement/developpement-durable/dd-au-travail/fiches-cycles-de-vie/cycles-des-transports/>

Canton du Valais. (2019). *Agenda 2030*. Récupéré sur <https://www.vs.ch/web/agenda2030>

Chevalier, J. M. (2010). *Les 100 mots de l'énergie*. Que sais-je

Conseil d'Etat valaisan. (2019). *Programme de développement durable 2020 - Promotion des véhicules électriques et hybrides plug-in, projets exemplaires et élaboration d'un plan climat*. Canton du Valais. Récupéré sur [https://www.vs.ch/web/communication/detail?groupId=529400&articleId=6110809&redirect=https%3A%2F%2Fwww.vs.ch%2Fweb%2Fagenda2030%2Faccueil%3Fp\\_p\\_id%3Dcom\\_liferay\\_asset\\_publisher\\_web\\_portlet\\_AssetPublisherPortlet\\_INSTANCE\\_2rjZKZGIjuqN%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dvie\\_w](https://www.vs.ch/web/communication/detail?groupId=529400&articleId=6110809&redirect=https%3A%2F%2Fwww.vs.ch%2Fweb%2Fagenda2030%2Faccueil%3Fp_p_id%3Dcom_liferay_asset_publisher_web_portlet_AssetPublisherPortlet_INSTANCE_2rjZKZGIjuqN%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dvie_w)

Conseil fédéral. (2019). *Énergie – faits et chiffres* ». Récupéré sur <https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/fr/home/wirtschaft/energie/energie---fakten-und-zahlen.html>

Copinschi, P. (2014). *La fin du pétrole : mythe ou réalité ?*. CERISCOPE. Récupéré sur <http://ceriscope.sciences-po.fr/node/750>

EASI. (2010). *Plan de mesures Energie solaire Valais : rapport final, juin 2010*. Windisch: E A SI Energie Architektur Sanierungen Information. (Document de type PDF)

Jeffray Bitz

Ecole des Mines de Paris. (2012). *La batterie | Voiture électrique : une mobilité durable?*.

Récupéré sur [http://controverses.mines-paristech.fr/public/promo12/promo12\\_G21/www.controverses-minesparistech-10.fr/la-voiture-electrique-et-son-environnement/la-batterie/index.html](http://controverses.mines-paristech.fr/public/promo12/promo12_G21/www.controverses-minesparistech-10.fr/la-voiture-electrique-et-son-environnement/la-batterie/index.html)

Ecopaper. (2006). *Papier*. Récupéré sur <https://www.ecopaper.ch/fr/papier-2/>

Ecorise. (2018). *Ecorise Consommation électrique d'un réfrigérateur | Ecorise*. Ecorise.

Récupéré sur <https://ecorise.ch/profil-de-consommation-electrique-du-refrigerateur/>

Foulon, M. (2015). *Impacts climatiques du tout-jetable : l'exemple de la vaisselle jetable*.

Zerowastefrance. Récupéré sur <https://www.zerowastefrance.org/impacts-climatiques-tout-jetable-exemple-vaisselle/>

FUPS. (2010). *Ecologie au bureau*. Récupéré sur

[http://www.ecopaper.ch/documents/Lehmittel\\_Buerooekologie\\_neu\\_frz.pdf](http://www.ecopaper.ch/documents/Lehmittel_Buerooekologie_neu_frz.pdf)

Futura sciences. (2020). *Dioxyde de carbone*. Futura. Récupéré sur <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-dioxyde-carbone-729/>

Futura-Sciences. (2020). *Batterie lithium-ion*. Futura. Récupéré sur <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-batterie-lithium-ion-7303/>

Genoud, S., Cimmino, F. M., & Previdoli, D. (2014). *Le marché financier de l'électricité en Allemagne*. Bulletin SEV/AES.

Gogue, J. M. (2015). *PDCA: «méfiez vous des imitations»*.

Groupe Noblet. (2016). *Les 5 caractéristiques clés d'un camion-grue*. Groupe Noblet.

Récupéré sur <http://www.groupenoblet.com/5-caracteristiques-cles-dun-camion-grue/>

Boiteux, M., HANSEN, J. P., Tirole, J., PERCEBOIS, J., & Janssens, A. (2019). *Énergie: économie et politiques*. De Boeck Supérieur.

Hellowatt. (2020). *Watt, watt-heure, volt, ampère, voltampère : kézako ?*. Hellowatt. Récupéré

sur <https://www.hellowatt.fr/blog/watt-wattheure-volt-ampere-voltampere/>

Romano, E., Hollmuller, P., & Patel, M. (2018). *Émissions horaires de gaz à effet de serre*

*liées à la consommation d'électricité—une approche incrémentale pour une économie ouverte: Le cas de la Suisse*.

Jeffrey Bitz

International Transport Forum. (2010). *Tables rondes FIT Stimuler les technologies pour les véhicules à faibles émissions de carbone*. OECD Publishing.

ISO. (2020). ISO - *Organisation internationale de normalisation*. ISO. Récupéré sur <https://www.iso.org/fr/home.html>

Jaleran, X. (s. d.). *Comment calculer la puissance d'une installation ?*. LePanneauSolaire.net. Récupéré sur <https://www.lepanneausolaire.net/comment-calculer-puissance-d-installation.php>

Jungheinrich. (2020). *Batteries lithium-ions Jungheinrich*. Jungheinrich. Récupéré sur <https://www.jungheinrich.ch/fr/produits/batteries-technologie-de-charge/batteries/batteries-lithium-ions-464766>

Kluczka, A. (s. d.). *Quid du Lithium-Ion pour les chariots élévateurs ?* Blog de la manutention. Récupéré sur <https://www.blog-manutention.fr/batteries-lithium-ion-est-ce-que-ca-en-vaut-vraiment-le-coup.html>

La Centrale. (2020). *La Centrale*. La Centrale. Récupéré sur <https://www.lacentrale.fr>

LApEI. (2019c). *RS 734.7 Loi du 23 mars 2007 sur l'approvisionnement en électricité*. Récupéré sur <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20042411/index.html>

Lathion, J. (2020). *Les poids lourds électrique sur une voie prometteuse*. Touring club

Le Grand Conseil du canton du Valais. (2018). *RS 641.5 - Loi sur l'imposition des véhicules automobiles*

Lebidois, J. (2013). *Finance pour les ingénieurs : La valorisation des projets*. Maxima.

Leimgruber, J. (2015). *La comptabilité comme instrument de gestion*. [2e éd.]. Le Mont-sur-Lausanne: LEP Loisirs et pédagogie

Limpmin. (2020). *RS 641.61 Loi du 21 juin 1996 sur l'imposition des huiles minérales*. Récupéré sur <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19960320/index.html>

L'usine nouvelle. (2006). *Les chariots font la chasse au gaspi – Transports*. Récupéré sur <https://www.usinenouvelle.com/article/les-chariots-font-la-chasse-au-gaspi.N15660>

Luu, C. (2017). *Analyse de la gestion stratégique de l'énergie en grande entreprise: entre théorie et réalité*. PhD Thesis, Université de Sherbrooke

Jeffrey Bitz

Michel, P. H., & Schmitt, R. (2019). *Sur l'épuisement des ressources en lithium terrestre*.

Mombelli, A. (2020). *Le Parlement suisse renforce la lutte contre les gaz à effet de serre*.

SWI swissinfo.ch. Récupéré sur <https://www.swissinfo.ch/fre/le-parlement-suisse-renforce-la-lutte-contre-les-gaz-%C3%A0-effet-de-serre/45829184>

Moser, T. (2018). *Simulateur de véhicules électriques* (Doctoral dissertation, Haute Ecole d'Ingénierie)

Müller, P.-E. (2003). *L'énergie dans l'enseignement professionnel - Energie solaire. Module pour les professions techniques, de l'électricité et de l'informatique (module 2)*.

Récupéré sur

<https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/suche?keywords=&q=energie+solaire&from=16.06.2003&to=16.06.2003&nr=>

OFEN. (2018). *RS 730.0 Loi du 30 septembre 2016 sur l'énergie*. Récupéré sur

<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20121295/index.html>

OFEN. (2020). *Qu'est-ce que la Stratégie énergétique 2050?*. Récupéré sur

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politik/energiestrategie-2050/was-ist-die-energiestrategie-2050.html>

OFEN. (2020). *RS 730.01 Ordonnance sur l'énergie*. Récupéré sur

<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20162945/index.html>

OFEV, Office fédéral de l'environnement. (2019). *Taxe sur le CO2*. Récupéré sur

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/thema-klima/klimawandel-stoppen-und-folgen-meistern/schweizer-klimapolitik/co2-abgabe.html>

OFT. (2019). *RS 741.11 Ordonnance du 13 novembre 1962 sur les règles de la circulation routière*. Récupéré sur

<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19620246/index.html>

OIKEN. (2019). *Tarifs de l'électricité 2020*. OIKEN. Récupéré sur

<https://oiken.ch/publications/2020>

OIKEN. (2020). *Electricité 100% renouvelable*. OIKEN. Récupéré sur

<https://oiken.ch/jutilise/particulier/electricite>

Jeffrey Bitz

Photosun. (2019). *Panneaux solaires photovoltaïques*. Récupéré sur [https://photosun.ch/photovoltaique?qclid=CjwKCAjw5cL2BRASEiwAENqAPgH17xoHNjcpOsvrrXsi2hkfo\\_zNHOoNOeFt\\_vSsKy63P\\_IF2PTTrYhoCBXUQAvD\\_BwE](https://photosun.ch/photovoltaique?qclid=CjwKCAjw5cL2BRASEiwAENqAPgH17xoHNjcpOsvrrXsi2hkfo_zNHOoNOeFt_vSsKy63P_IF2PTTrYhoCBXUQAvD_BwE)

Pronovo. (s. d.). *Rétribution unique (RU) – Pronovo AG*. Récupéré sur [https://pronovo.ch/?page\\_id=10034&lang=fr](https://pronovo.ch/?page_id=10034&lang=fr)

Pronovo. (s. d.). *Système de Rétribution de l'Injection (SRI) – Pronovo AG*. Récupéré sur [https://pronovo.ch/?page\\_id=4028&lang=fr](https://pronovo.ch/?page_id=4028&lang=fr)

Etudiante collégiale du Québec, Fédération. (2017). *L'ABC des pratiques environnementales: pour un réseau plus vert*

QueChoisir. (s. d.). *Économies d'énergie – La consommation cachée des appareils en veille....* QueChoisir. Récupéré sur <https://www.quechoisir.org/conseils-economies-d-energie-la-consommation-cachee-des-appareils-en-veille-n6967/>

Senden, G. (2008). *La gestion de l'énergie dans l'entreprise*. Edipro.

Service d'accréditation suisse. (2020). *Coût indicatif des certifications ISO 9001, ISO 14'001 et OHSAS 18'001*. (Document de type PDF)

Shaarli. (2012). *Energie libérée par 1 litre d'essence combien de KWh?*. Récupéré sur <http://capuelapatate.free.fr/38/?sDOU5A>

Shell. (2020). *Prix des carburants Shell*. Shell. Récupéré sur [https://www.shell.ch/fr\\_ch/automobilistes/carburants-shell/prix-des-carburants-shell.html](https://www.shell.ch/fr_ch/automobilistes/carburants-shell/prix-des-carburants-shell.html)

SNV. (2020). *La SNV en bref - SNV*. SNV. Récupéré sur <https://www.snv.ch/fr/la-snv/la-snv-en-bref.html>

Staplerbatterie. (2020). *Preisliste 48V*. Récupéré sur <http://www.staplerbatterie.center/preisliste48V.php>

Steiner, Y. (2010). *Impacts de la voiture électrique sur les émissions de CO2 liées à la mobilité individuelle*.

SuisseEnergie. (2017). *Manuel: Comment optimiser la consommation propre de courant solaire*. (Document de type PDF)

SuisseEnergie. (2018). *Batteries stationnaires dans les bâtiments*. (Document de type PDF)

Jeffray Bitz

Svb, D., Meshram, H., & Jadhav, T. (2018). *Lithium-ion battery control system for hybrid-electric vehicle*. In Proceedings of ISSRD International Conference, 2018.

Swissolar. (2015). *Fiscalité cantonale et fédérale*. (Document de type PDF)

Tarascon, J. M. (2011). *L'énergie: stockage électrochimique et développement durable* (Vol. 216). Fayard/Collège de France.

Tarrit, F. (2020). *Vers une dépression économique. Contretemps: revue de critique communiste*.

TCS. (2013). *Charge utile des voitures*. Récupéré sur <https://www.tcs.ch/fr/tests-conseils/tests/tous-les-tests/charge-utile-des-voitures.php>

TCS. (2020a). *La nouvelle norme Euro 6d*. Récupéré sur <https://www.tcs.ch/fr/tests-conseils/conseils/environnement-mobilite/norme-euro-6d.php>

TCS. (2020b). *Les voitures électriques sont-elles vraiment écologiques ?* TCS. Récupéré sur <https://www.tcs.ch/fr/tests-conseils/conseils/mobilite-electrique/faq-mobilite-electrique.php>

TCS Conseil mobilité, Emmen. (2019). *Brochure « Achat et vente de voiture »*. (Document de type PDF)

Torres, M. (2019). « Vous avez du mal à vous concentrer au travail? C'est peut être la faute de votre bureau ». Le Huffington Post. Récupéré sur [https://www.huffingtonpost.fr/entry/vous-avez-du-mal-a-vous-concentrer-au-travail-cest-peut-etre-la-faute-de-votre-bureau\\_fr\\_5cb5b4d1e4b082aab08c169b](https://www.huffingtonpost.fr/entry/vous-avez-du-mal-a-vous-concentrer-au-travail-cest-peut-etre-la-faute-de-votre-bureau_fr_5cb5b4d1e4b082aab08c169b)

Transitec, Ville de la Chaux-de-Fonds. (2013). *Etude comparative trolleybus–bus hybrides*. *Technical report*.

UNINE. (2008). *Ecologie au bureau*. Unine. (Document de type PDF)

USGS. (2020). *Mineral Commodity Summaries*. USGS. Récupéré sur <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries>

Valais excellence. (2020). *ISO 9001/14001*. Récupéré sur <http://www.valais-excellence.ch/fr/pages/public/iso-9001-14001-12>

Jeffray Bitz

Valette, L. (2019). *14 plantes vertes à avoir au bureau*. Récupéré sur <https://monjardinmamaison.maison-travaux.fr/mon-jardin-ma-maison/plantes-par-type/plantes-dinterieur/plantes-vertes-bureau-211326.html#item=1>

Ville de Sion. (2020). *Cadastre de la ville de Sion*. Ciges. Récupéré sur <https://apps.ciges.ch/sion/>

Vogt-Schilb, A., Guivarch, C., & Hourcade, J. C. (2013). Les véhicules électrifiés réduisent-ils les émissions de carbone? Un raisonnement prospectif.

WASTRAETE, M. (2011). Véhicules électriques et hybrides. Groupement National pour la Formation Automobile.

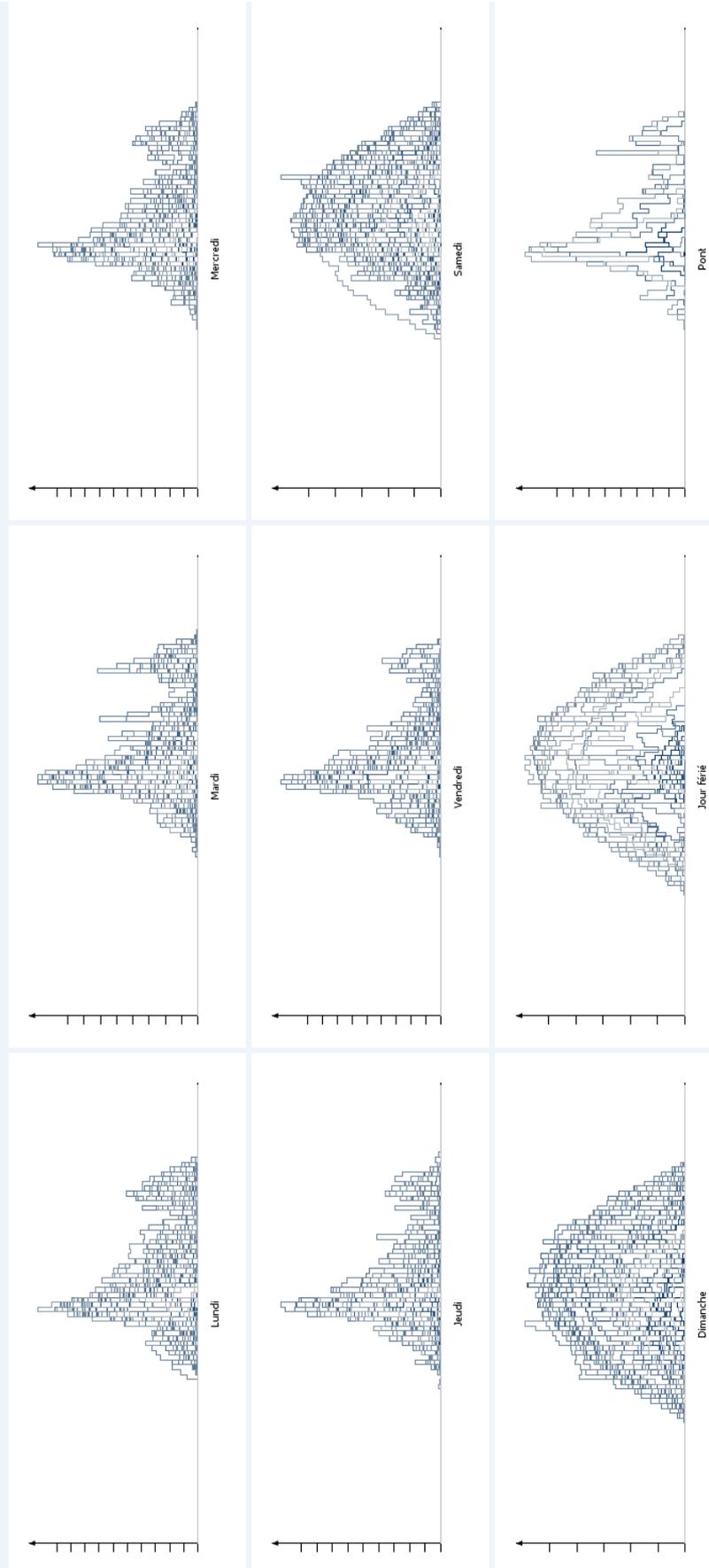
Zid, R. (2006). Comprendre le changement organisationnel à travers les émotions.

## Annexes

### Annexe 1 : Consommation d'énergie et température extérieure

C°	2017	2018	2019	Moyenne
-10	1'102 kWh			1'102 kWh
-9	1'046 kWh			1'046 kWh
-8	858 kWh	426 kWh		642 kWh
-7	642 kWh			642 kWh
-6	805 kWh			805 kWh
-5	968 kWh	607 kWh	644 kWh	740 kWh
-4	641 kWh	892 kWh	970 kWh	834 kWh
-3	744 kWh	902 kWh	992 kWh	879 kWh
-2	820 kWh	713 kWh	796 kWh	776 kWh
-1	780 kWh	806 kWh	846 kWh	810 kWh
0	802 kWh	778 kWh	692 kWh	757 kWh
1	715 kWh	779 kWh	782 kWh	759 kWh
2	817 kWh	809 kWh	733 kWh	786 kWh
3	799 kWh	853 kWh	670 kWh	774 kWh
4	760 kWh	786 kWh	747 kWh	765 kWh
5	698 kWh	694 kWh	746 kWh	713 kWh
6	748 kWh	566 kWh	659 kWh	658 kWh
7	593 kWh	719 kWh	664 kWh	659 kWh
8	587 kWh	633 kWh	649 kWh	623 kWh
9	652 kWh	665 kWh	607 kWh	641 kWh
10	499 kWh	540 kWh	609 kWh	549 kWh
11	577 kWh	592 kWh	547 kWh	572 kWh
12	580 kWh	579 kWh	416 kWh	525 kWh
13	488 kWh	492 kWh	530 kWh	503 kWh
14	565 kWh	415 kWh	557 kWh	512 kWh
15	494 kWh	609 kWh	552 kWh	552 kWh
16	459 kWh	503 kWh	476 kWh	479 kWh
17	536 kWh	563 kWh	516 kWh	538 kWh
18	468 kWh	571 kWh	466 kWh	502 kWh
19	574 kWh	472 kWh	518 kWh	521 kWh
20	484 kWh	486 kWh	479 kWh	483 kWh
21	388 kWh	471 kWh	438 kWh	432 kWh
22	487 kWh	467 kWh	477 kWh	477 kWh
23	428 kWh	506 kWh	503 kWh	479 kWh
24	554 kWh	391 kWh	602 kWh	516 kWh
25	587 kWh	464 kWh	458 kWh	503 kWh
26	592 kWh	400 kWh	378 kWh	457 kWh
27		746 kWh	593 kWh	670 kWh

Annexe 2 : Réinjection par jour



### Annexe 3 : % d'autoconsommation pour une rentabilité de 2%

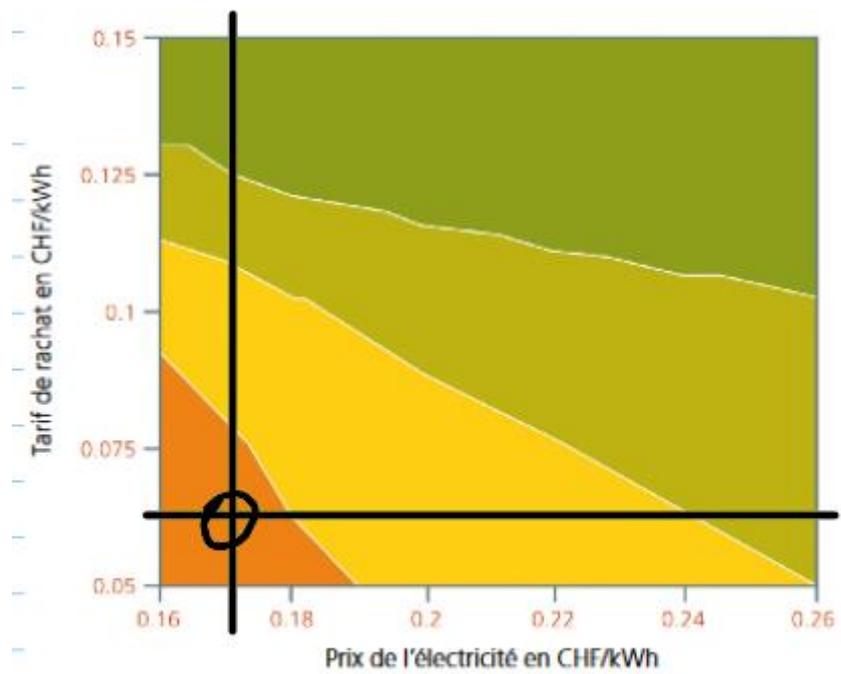


Figure 2: Part de consommation propre nécessaire pour atteindre une rentabilité de 2% avec une installation PV, en fonction du prix de l'électricité et du tarif de rachat (pour les hypothèses voir le tableau 1, source: VESE).

**Annexe 4 : Facture d'énergie de l'entreprise de décembre 2019**



énergies sion région  
avec nous vous êtes bien chez vous.

L'Energie de Sion-Région SA  
Rue de l'Industrie 43  
1950 Sion

Centrale d'appel : 027 324 01 11  
Rappels & Paiements : 027 324 02 29  
www.esr.ch admin@e  
CHE-108.535.771 TVA CCP 19-  
CH29 0076 5000 K083 0526 6

N° facture 5688317 du 15.01.2020  
Echéance de paiement 14.02.2020  
N° abonnement 161714  
N° client 12413



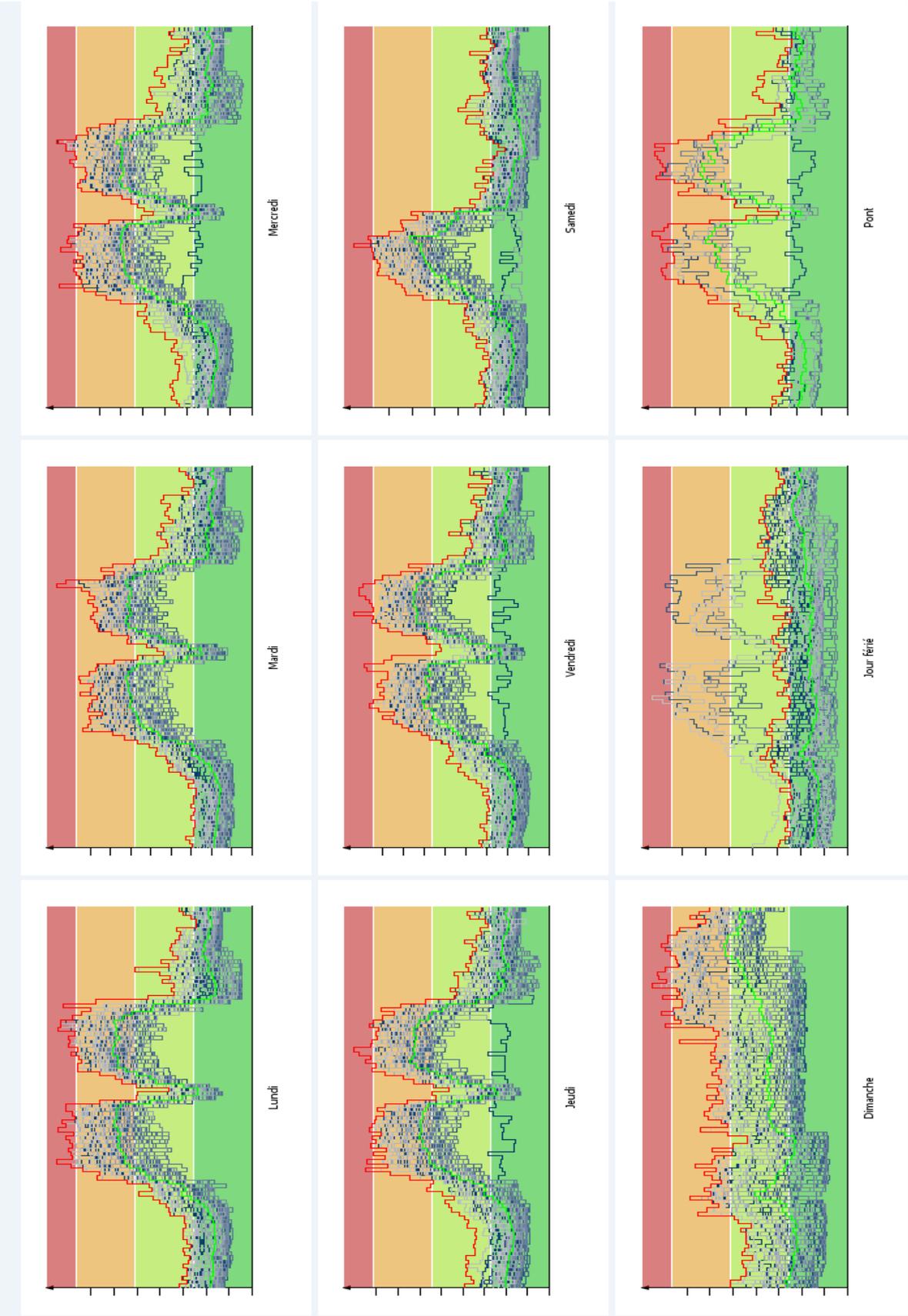
Page 3 de 3

Concerne : Commerce, R. Dixence 48, Sion

N° Compteur		Date de relevé	Nbre jrs	Elément	Ancien Index	Nouvel Index	Coef.	Quantité	
Point de mesure : CH101430123450000000000000031590									
602612		Du 30.11.2019 au 31.12.2019	31	Consommation HC				4'314 kWh	
602612			31	Consommation HP				13'690 kWh	
602612				Puissance réseau mesurée				77.2 kW	
Calcul des prix				Quantité	Prix unitaire	Durée	Montant CHF HT	Taux TVA	Montant CHF TTC
<b>Tarif Puissance</b>									
<b>Energie</b>									
Consommation HC				4'314.00 kWh	6.17 ct./kWh		266.00	7.7	286.48
Consommation HP				13'690 kWh	6.17 ct./kWh		844.10	7.7	909.10
<b>Sous-total Energie</b>									<b>1'195.58</b>
<b>Tarif Puissance B</b>									
<b>Acheminement et Redevances</b>									
Acheminement 2019				18'004 kWh	2.00 ct./kWh		360.07	7.7	387.80
Puissance réseau mesurée				77.2 kW				7.7	
Puissance réseau maximum 2019				77.2 kW	9.80 CHF/kW/mois		756.56	7.7	814.82
Redevance communale (PCP, 12%) 2019				1'117 CHF	12.00 %		134.00	7.7	144.32
Redevances fédérales (RPC) 2019 <i>y compris taxe pour la protection des eaux et des poissons</i>				18'004 kWh	2.30 ct./kWh		414.08	7.7	445.96
<b>Sous-total Acheminement et Redevances</b>									<b>1'792.90</b>
<b>Total Electricité</b>									<b>2'988.48</b>

TEXTE	D.	Visa
Arrivages		
Prix		
Calcul		
Compte		
Compte		
Bon à payer		
Paiements		

Annexe 5 : Consommation totale par jour



## Annexe 6 : Calcul de la RPC de l'installation solaire

Depuis 2018, les nouvelles installations photovoltaïques sont exclusivement encouragées à l'aide de rétributions uniques. Avec le système de rétribution de l'injection, peuvent désormais uniquement être encouragées les installations photovoltaïques

- qui ont été annoncées avant le 30 juin 2012,
- qui sont réalisées avec une puissance égale ou supérieure à 100 kWc et
- qui ont exercé le droit d'option en faveur du système de rétribution de l'injection jusqu'au 30 juin 2018.

Les champs marqués d'un astérisque (\*) doivent être complétés.

### Données de base de l'installation

Puissance en kWc*	Date de mise en service*	Type de construction d'installation*	
250.00	14.09.2012	Intégrée	+
400.00	14.09.2012	Ajoutée	⊗

### Détails de la rétribution

Montant 34.5 ct/kWh

Années 25

**Attention :** Installations qui ont reçu un octroi de la garantie de principe après le 01.01.2018 doivent avoir une puissance totale supérieure à 100 kW.

**Clause de non-responsabilité :** Ces calculs n'ont pas de valeur juridique et ne donnent pas d'information quant à l'éligibilité au financement d'une installation.

### Calcul des kWc

m <sup>2</sup>	kWh	kWc	
5200	650000	650	Source 1
8	1000	1	
24	3000	3	Source 2
5200	650000	650	

Il est mentionné sur le site de l'entreprise que 2'000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires sont intégré

	m <sup>2</sup>	kwc
Intégré	2000	250
Ajouté	3200	400
<b>Total</b>	<b>5200</b>	<b>650</b>

### m<sup>2</sup> calculé sur le cadastre séduois

4900 m<sup>2</sup>

4975	100
5200	104.522613

Différence de 4,5%

### Calcul de la rétribution

kWh	CHF/kWh	Total
650000	0.345	224250

## Annexe 7 : Entretien vendeur de voitures

---

# QUESTIONNAIRE FOURNISSEURS DE VOITURES

---

Date : 27.05.2020

Entreprise : Garage du Nord - Renault

Contact : Mathias Fellay

---

Quel type de véhicules proposez-vous ?

Petit utilitaire = Renault Kangoo, beaucoup de vente.

Utilitaire = Renault Master mais peu de vente problème d'autonomie et d'inclinaison dans les pentes alors en Valais c'est dur.

Quels sont les avis que vous recevez sur ces modèles ?

Positif – surtout chez les communes parce qu'ils font peu de km.

Si c'est une solution entièrement électrique combien de temps dure la batterie ?

À regarder dans prospectus donné. (270 km NEDC)

Mais le Master environ 120 km.

Avez-vous eu des problèmes récurrents ?

Non ils sont plutôt fiables.

Quels sont leur frais annuel ?

Peu d'entretien, pas de vidange moteur, frein et surtout moins d'achat de carburant. Entre 25 et 40% d'économie.

Quels sont les premiers changements qui doivent être effectués ?

Chaque année contrôle générale.

Batterie en location ou achat, on peut changer seulement un élément et pas toute la batterie. En location, le changement est gratuit. Achat garantie 8 ans. Mais la différence entre les deux types est de l'ordre d'environ 10'000.-. Ne peut pas être utilisé comme stockage stationnaire, Renault reprend les batteries et les recycle, parfois pour les parcs animaliers.

Quels sont les avantages sur les voitures ordinaires ?

Image écologique pour l'entreprise. Après le coût d'achat tous les autres coûts sont diminués. Confort et silencieux à l'intérieur, peut facilement communiquer avec les autres usagers.

Quelles contraintes sont imposées aux chauffeurs ?

Aucun changement un bon conducteur avec un moteur thermique ne verra aucun changement.

Eviter les longs trajets en autoroute.

Est-il possible de programmer les chargements

Borne triphasée de type 2 360V

Pas de programmation possible mais un électricien doit la monter donc possibilité de monter une sorte d'interrupteur ou de minuteur.

Possédez-vous un service de formation ?

Explication à l'achat, rouler écologique sur une voiture thermique augmentera l'autonomie sur une électrique. Concours au sein de l'entreprise afin de récompenser celui qui consomme le moins.

Discussion

Batterie de 12V pour les accessoires, mais cela prend de l'autonomie.

Rabais entreprise de 24% et prime de 2'500.-.

Assurance le même prix ou peu de différence quasiment pas de changement sur les impôts, peu d'économie.

Un peu moins de chargement à cause de la nécessité aux batteries.

**Annexe 8 : Frais d'entretien et consommation des véhicules actuels**

Désignation	Mise en circuit	TOTAL ESSENCE			2019				2018				
		2019	2018	2018	Réservoir	Consommation	Plein	Km réalisée	Emission CO <sub>2</sub>	Emission	Km réalise	Emission	Emission total
Renault Kangoo 4x4	07	CHF 1'149	703 L	CHF 1'028	50 L	9.8 L/100 km	510 km	7 172 km	177 g/km	12 69 kg	6303 km	1116 kg	2385 kg
Fiat Scudo	18	CHF 684	386 L	CHF 1'021	80 L	8.0 L/100 km	1000 km	4940 km	182 g/km	899 kg	7289 km	1327 kg	2228 kg
Renault Kangoo 4x4	07	CHF 795	488 L	CHF 883	50 L	9.8 L/100 km	510 km	4960 km	177 g/km	878 kg	4188 km	741 kg	1619 kg
Renault Kangoo 4x4	07	CHF 1'152	705 L	CHF 1'182	50 L	9.8 L/100 km	510 km	7 193 km	177 g/km	1273 kg	7243 km	1282 kg	2555 kg
Nissan Navara	15	CHF 1'209	689 L	CHF 1'587	80 L	10.3 L/100 km	777 km	6888 km	215 g/km	1438 kg	9252 km	1989 kg	3427 kg
Fiat Scudo	08	CHF 985	562 L	CHF 1'583	80 L	9.1 L/100 km	879 km	6 171 km	194 g/km	1197 kg	9632 km	1927 kg	3124 kg
Renault Kangoo 4x4	07	CHF 951	582 L	CHF 1'130	50 L	9.8 L/100 km	510 km	5935 km	177 g/km	1051 kg	6928 km	1226 kg	2277 kg
Renault Kangoo 1.8	03	CHF 583	366 L	CHF 1'372	50 L	9.8 L/100 km	510 km	3636 km	177 g/km	644 kg	8409 km	1488 kg	2132 kg
VW Caddy	10	CHF 688	419 L	CHF 939	60 L	8.1 L/100 km	741 km	5 179 km	158 g/km	818 kg	6962 km	1100 kg	1918 kg
<b>Totaux</b>		<b>CHF 8204</b>	<b>4'897 L</b>	<b>CHF 10'525</b>				<b>51'874 km</b>		<b>9'467 kg</b>	<b>66'505 km</b>	<b>12'196 kg</b>	<b>21'663 kg</b>

Diesel 1.751

1.755

	Désignation	Chauffeur	Mise en circuit	Année achat	2016	2017	2018	2019	Total entretien	Moyenne entretien	Prix achat	PA réparti
Votures / carrelours	Dacia Duster dCi	Carrelours	2010	2010	4722	882	1606	1592	8783	2'196	27'675	2788
	Renault Kangoo 4x4	Carrelours	2007	2013	910	3'483	1818	1'080	7271	1'818	6'700	838
	Renault Kangoo /VW Caddy	Carrelours	2007	2019	2538	280	488	2650	5928	1'481	7'985	3993
	Renault Kangoo 4x4	Carrelours	2007	2016	1'373	1'108	1'291	1'189	4981	1'240	4'631	928
	Fiat Scudo (Kangoo < 2018)	Carrelours	2008	2018	-	1'826	40	1'853	3719	1'240	9'192	3084
	Renault Kangoo 4x4	Carrelours	2007	2014	688	1'725	829	1'254	4497	1'124	7'200	1029
	Nissan Navara	Carrelours	2015	2015	-	948	668	1'601	3217	1'072	26'759	4460
	Mitsubishi ASX	Carrelours	2013	2013	-	726	1928	532	3'186	1'062	30'000	3750
	Renault Kangoo 4x4	Carrelours	2007	2013	381	1'830	964	1'028	4202	1'051	9'259	1'157
	Fiat Scudo	Carrelours	2018	2017	-	-	949	479	1'428	714	7'871	1988
	Renault Kangoo 1.6	Carrelours	2003	2013	367	667	588	23	1635	409	4'637	567
Camions	Mercedes Atego 1329	Chauffeurs	2009	2009	3987	5'288	16'545	9474	35'244	8'811	134'500	11208
	Mercedes Sprint 416 CDI	Chauffeurs	2002	2003	6948	4'332	5'719	2551	19450	4'882	45'000	5625
	Mercedes Sprinter 313CDI	Chauffeurs	2004	2004	1861	1'415	491	3655	7222	1'805	44'000	6286
Elevateurs	Clark intérieur	Dépôt			1774	1'354	941	4124	8193	2'048		-
	Clark intérieur	Dépôt			2251	1'204	3697	2433	9586	2'397		-
	Clark n°4	Dépôt		2005	2024	969	1'116	1'898	6007	1'502	43'600	2725
	Clark n°49 Jungheinrich	Dépôt		2014	2'970	2'639	1'2277	8'607	26'493	6'623	30'686	6'117
	Clark n°64	Dépôt		2013	733	3'848	843	1'943	7366	1'842	38'796	4850
	Clark Toyota	Dépôt	1985		-	2'702	637	2'750	6'089	2'030		-
	Clark Toyota	Dépôt		2005	3'415	2'936	871	2'751	9973	2'493	43'600	2725
Autres	Opel Ampera	divers	2017	2017		938	390	201	1'529	510	43'836	10959
	Ford S-Max	Libre	2012	2012	1'008	836	863	1'681	4'387	1'097	47'922	5325
	VW Golf	Libre	2008		570	730	674	882	2856	714		-
	VW Sharan	Libre	2005		976	1'492	2'712	3'948	9'127	2'282		-
	Renault Talisman	Représentant	2018	2019			238	1'076	1'315	657	32'033	16017
	VW Tiguan 2.0 TSI	Représentant	2015	2015	966	1'280	2'236	1'445	5917	1'479	27'778	4630
	Totaux				40'100	49'388	61'391	62'700	209'578	54'568		

## Annexe 9 : Borne de chargement pour voitures électriques

 <p><b>KEBA Wallbox KeContact P30</b> Puissance de charge jusqu'à 22 kW à partir de CHF 2'314.- incl. montage</p>	<p><b>Home Basic</b> 11 kW capacité de charge à partir de CHF 2'726.- incl. montage</p> 	<p><b>Home Advanced</b> 11 kW capacité de charge avec accès restreint et utilisation par les invités à partir de CHF 3'127.- incl. montage</p> 	<p>Sélectionnez la borne de recharge souhaitée.</p>
 <p><b>KEBA Wallbox KeContact P30</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Charge rapide jusqu'à 22 kW (triphasé)</li> <li>✓ Puissance de charge configurable entre 2,3 et 22 kW</li> <li>✓ Sécurité de charge maximale pour vous, votre maison et votre voiture électrique</li> <li>✓ Installation globale favorable grâce à la détection intégrée de courant résiduel DC</li> <li>✓ Câble de charge intégré de 4 m pour un fonctionnement pratique</li> <li>✓ Comprend une suspension de câble pratique</li> </ul>			
<p>Coûts, installation incluse</p>  <p><b>CHF 2'314.-</b></p>	<p>Temps de charge</p>  <p><b>9 h</b></p>	<p>Puissance de charge</p>  <p><b>11 kW</b></p>	

**Annexe 10 : Coût cumulé par type de véhicule**

**Coût par année**

Thermique		
Consommation /100 km	Consommation 1 km	
9.8	0.098	
Electrique		
Batterie kWh	Autonomie	
33	270	
Consommation 1 km	0.122222222	
	Essence	kWh
Prix	1.685	0.17
km année	7000	7000
Consommation 1km	0.098	0.122222222
<b>Total</b>	1142.19	145.4444444

Coût				
	Thermique		Electrique	
	Sans-plomb 95	Achat batterie	Location batterie	
Investissement	26000	41000	31000	
Coût énergie	1142	145	145	
Location batterie	-	-	948	
Coût maintenance	1200	840	840	
Année				
1	26000	41000	31000	
2	28342	41985	32933	
3	30684	42971	34867	
4	33027	43956	36800	
5	35369	44942	38734	
6	37711	45927	40667	
7	40053	46913	42601	
8	42395	47898	44534	
9	44738	48884	46468	
10	47080	49869	48401	
11	49422	50854	50334	
12	51764	51840	52268	
13	54106	52825	54201	
14	56448	53811	56135	
15	58791	54796	58068	

**Annexe 11 : Calcul de la VAN pour les voitures électriques**

**Calcul de la VAN avec prix dynamique**

<b>Thermique</b>		
Consommation /100 km	Consommation 1 km	
9.8	0.098	
<b>Electrique</b>		
Batterie kWh	Autonomie	
33	270	
Consommation 1 km	0.122222222	
	Essence	kWh
<b>Prix</b>	1.665	0.17
<b>km année</b>	7000	7000
<b>Consommation 1km</b>	0.098	0.122222222
<b>Total</b>	1142.19	145.4444444

<b>Taux d'actualisation 7%</b>			
	Thermique	Electrique	
	Sans-plomb 95	Achat batterie	Location batterie
Investissement	26000	41000	31000
Coût énergie	1142	145	145
Location batterie	-	-	948
Coût maintenance	1200	840	840
Taux d'actualisation	7%	7%	7%
Année			
1	-26000	-41000	-31000
2	-2342	-985	-1933
3	-2342	-985	-1933
4	-2342	-985	-1933
5	-2342	-985	-1933
6	-2342	-985	-1933
7	-2342	-985	-1933
8	-2342	-985	-1933
9	-2342	-985	-1933
10	-2342	-985	-1933
11	-2342	-985	-1933
12	-2342	-985	-1933
13	-2342	-985	-1933
14	-2342	-985	-1933
15	-2342	-985	-1933
<b>VAN</b>	<b>-43443</b>	<b>-46372</b>	<b>-44775</b>

<b>Taux d'actualisation 3%</b>			
	Thermique	Electrique	
	Sans-plom d 95	Achat batterie	Location batterie
Investissement	26000	41000	31000
Coût énergie	1142	145	145
Location batterie	-	-	948
Coût maintenance	1200	840	840
Taux d'actualisation	3%	3%	3%
Année			
1	-26000	-41000	-31000
2	-2342	-985	-1933
3	-2342	-985	-1933
4	-2342	-985	-1933
5	-2342	-985	-1933
6	-2342	-985	-1933
7	-2342	-985	-1933
8	-2342	-985	-1933
9	-2342	-985	-1933
10	-2342	-985	-1933
11	-2342	-985	-1933
12	-2342	-985	-1933
13	-2342	-985	-1933
14	-2342	-985	-1933
15	-2342	-985	-1933
<b>VAN</b>	<b>-50930</b>	<b>-50613</b>	<b>-51301</b>

<b>Taux d'actualisation 5%</b>			
	Thermique	Electrique	
	Sans-plom d 95	Achat batterie	Location batterie
Investissement	26000	41000	31000
Coût énergie	1142	145	145
Location batterie	-	-	948
Coût maintenance	1200	840	840
Taux d'actualisation	5%	5%	5%
Année			
1	-26000	-41000	-31000
2	-2342	-985	-1933
3	-2342	-985	-1933
4	-2342	-985	-1933
5	-2342	-985	-1933
6	-2342	-985	-1933
7	-2342	-985	-1933
8	-2342	-985	-1933
9	-2342	-985	-1933
10	-2342	-985	-1933
11	-2342	-985	-1933
12	-2342	-985	-1933
13	-2342	-985	-1933
14	-2342	-985	-1933
15	-2342	-985	-1933
<b>VAN</b>	<b>-46842</b>	<b>-48338</b>	<b>-47751</b>

## Annexe 12 : Questionnaire partie général

### QUESTIONNAIRE COLLABORATEURS FERD. LIETTI S.A.

Bonjour, actuellement en 3ème année à l'HES-SO de Sierre en filière économie d'entreprise, je réalise mon travail de Bachelor au sein de l'entreprise Ferd. Lietti SA. Le but de mon travail est d'étudier les améliorations énergétiques qui pourraient être effectuées au sein de l'entreprise sans détériorer le bien-être des collaborateurs. De ce fait, je vous adresse ce questionnaire afin d'avoir votre avis et d'en savoir plus sur vos habitudes de travail. La durée du questionnaire est d'environ 5 à 10 minutes. Les résultats seront confidentiels. Dans l'attente de vos retours, je vous adresse mes salutations distinguées.

\*Obligatoire

Sentez-vous concerné par la problématique environnementale actuelle ? \*

- Oui
- Non

Entrenez-vous des actions pour le bien de l'environnement en dehors de vos journées de travail ? \*

- Oui
- Non

Si oui, lesquels  
(Maximum 3 actions)

Votre réponse \_\_\_\_\_

Où habitez-vous ?

Veillez indiquer seulement votre code postal

Votre réponse \_\_\_\_\_

Par quel moyen de locomotion vous rendez vous au travail ? \*

Voiture à propulsion thermique

Voiture à propulsion électrique

Véhicule à moteur 2 roues

Vélo

A pied

Transports publics

Autre : \_\_\_\_\_

Seriez-vous prêt à faire partie d'un comité énergétique ? \*

Un groupe de 5 personnes (1 de chaque département) se réunissant 2-3 fois par année afin de dialoguer sur les améliorations énergétiques possibles au sein de l'entreprise pour les présenter à la direction.

Oui

Non

Utilisez-vous des gobelets/tasses ou des verres réutilisables ? \*

Oui

Non

Est-il important pour vous que l'entreprise dans laquelle vous travaillez ait une conscience énergétique ? \*

Oui

Non

En un ou deux mots que pensez-vous de la stratégie énergétique de Ferd. Lietti ? \*

Votre réponse

Avez-vous des suggestions à faire à la direction afin de diminuer la consommation d'énergie de l'entreprise ?

Votre réponse

Quel poste occupez-vous ? \*

- Employé/e de bureau
- Logisticien/ne (entrepôt)
- Carreleur/se
- Chauffeur/se
- Conseiller/ère clientèle

#### Remerciements

Je vous remercie d'avoir répondu à ce formulaire. Si vous avez d'autres propositions sur le sujet, je reste à votre disposition par mail : [jeffray.bitz@students.hevs.ch](mailto:jeffray.bitz@students.hevs.ch)

Si vous voulez me donner votre adresse e-mail afin que je vous pose des questions sur une de vos réponses que j'aimerais développer, vous pouvez l'inscrire ci-dessous.

(Pas obligatoire et confidentiel)

Votre réponse

## Annexe 13 : Questionnaire pour les chauffeurs

**Chauffeur/se**

Cette partie va s'intéresser un peu plus à votre corps de métier spécifique

Connaissez-vous les camions-grue avec une grue électrique ? \*

Oui

Non

Seriez-vous d'accord de travailler avec ce type de camion ? \*

Oui

Non

Quel est votre avis sur ce type de camion ? \*  
(1-2 phrases)

Votre réponse \_\_\_\_\_

Quel est, selon vous, le ou les avantages de ce type de camion ? \*

Votre réponse \_\_\_\_\_

Quel est, selon vous, le ou les inconvénients de ce type de camion ? \*

Votre réponse \_\_\_\_\_

Y-a t-il du courant électrique lorsque vous arrivez sur un chantier ?

Oui

Non

Pas tout le temps

Avez-vous déjà eu une expérience avec ce type de camion ? Si oui, seriez-vous d'accord de nous donner votre ressenti.  
(Question non-obligatoire)

Votre réponse \_\_\_\_\_

## Annexe 14 : Questionnaire pour les employés de bureau

Employé/e de bureau

Cette partie va s'intéresser un peu plus à votre corps de métier spécifique

Retirez-vous la prise de votre ordinateur lors de vos absences ? \*

Par exemple, à la fin de vos journées de travail.

Oui

Non

Utilisez-vous du papier recyclé pour les impressions de documents pour des collègues ? \*

Oui

Non

Possédez-vous des plantes dans les bureaux ? \*

Oui

Non

Eteignez-vous votre ordinateur lors de vos pauses ? \*

Oui

Non

Nous imprimons seulement ce qui est nécessaire. \*

Où situez-vous par rapport à cette affirmation sur une échelle de 1 à 5.

1    2    3    4    5

Pas du tout d'accord                        Totalemment d'accord

Seriez-vous d'accord d'effectuer du télétravail ? \*

- Oui
- Non

Pensez-vous à éteindre la lumière si la lumière du jour est suffisante ? \*

- Oui
- Non

Eteignez-vous la lumière lors de chaque sortie de votre bureau ? \*

- Oui
- Non
- Parfois

## Annexe 15 : Questionnaire pour les logisticiens

Logisticien/ne

Cette partie va s'intéresser un peu plus à votre corps de métier spécifique

En moyenne, combien de temps n'utiliser vous pas votre élévateur durant une journée ? (hors pause de midi) \*

Heure  
:

Connaissez-vous les élévateur électrique ? \*

Oui  
 Non

Seriez-vous d'accord de travailler avec ce type d'élévateur ? \*

Oui  
 Non

Quel est, selon vous, le ou les avantages d'un élévateur électrique ? \*

Votre réponse \_\_\_\_\_

Quel est, selon vous, le ou les inconvénients d'un élévateur électrique ? \*

Votre réponse \_\_\_\_\_

Avez-vous déjà eu une expérience avec ce type de véhicule ? Si oui, seriez-vous d'accord de nous donner votre ressenti.  
(Question non-obligatoire)

Votre réponse \_\_\_\_\_

## Annexe 16 : Questionnaire pour les carreleurs

Utilisez vous des outils à batterie électrique ? \*

Oui

Non

Seriez-vous d'accord d'utiliser un utilitaire à propulsion électrique ? \*

Oui

Non

Quel est votre avis sur les utilitaires à propulsion électriques ? \*

(1-2 phrases)

Votre réponse

En quoi pensez-vous que l'utilisation des utilitaires à propulsion électrique changerez votre quotidien ? \*

Votre réponse

Environ combien de demis-journées par semaine restez-vous à l'entrepôt ? \*

Sélectionner



## Annexe 17 : Questionnaire pour les conseillers à la clientèle

Conseiller/ère à la clientèle

Cette partie va s'intéresser un peu plus à votre corps de métier spécifique

Est-ce qu'un employé retire les prises des modèles d'exposition comme les frigos lors des week-ends ou des jours fériés ? \*

Oui

Non

Si non, est-ce qu'une ou des contraintes vous empêche de le faire ? La ou lesquelles ?

Votre réponse \_\_\_\_\_

Lorsque personne n'est présent dans une salle d'exposition, les lumières restent-elles allumées ? \*

Oui

Non

Orientez-vous ou conseillez-vous aux clients des produits qui sont plus éco-responsables ? \*

Oui

Non

Utilisez-vous des verres ou gobelets réutilisables lors de vos entretiens avec les clients ? \*

Oui

Non

On propose cette alternative

## Annexe 18 : Charte pour les employés de bureau

# Charte énergétique pour les employés de bureau

Le but de l'entreprise Ferd. Lietti est de s'inscrire dans un monde de plus en plus durable et énergiquement efficient. De ce fait, nous vous proposons de réaliser ces petites tâches du quotidien qui permettront à l'entreprise de diminuer sa consommation énergétique et son empreinte carbone.

1. Mettre en veille l'imprimante après chaque utilisation
2. Imprimer seulement les documents nécessaires
3. Utiliser du papier recyclé pour des impressions internes
4. Retirer la prise de votre ordinateur à la fin de vos journées de travail
5. Eteindre son ordinateur pour toutes absences de plus de 15 minutes
6. Eteindre la lumière du bureau à chaque sortie
7. Préférer votre lampe de bureau à l'éclairage plafonnier
8. Utiliser les escaliers plutôt que l'ascenseur
9. Utiliser vos tasses et verres réutilisables



Nous vous remercions de votre compréhension et votre collaboration. N'hésitez pas à soumettre vos idées au comité énergétique afin que ce dernier en informe la direction.

Ces actions ne sont pas obligatoires mais comme dirait Monsieur Winston Churchill :

« Mieux vaut prendre le changement par la main avant qu'il nous prenne par la gorge »



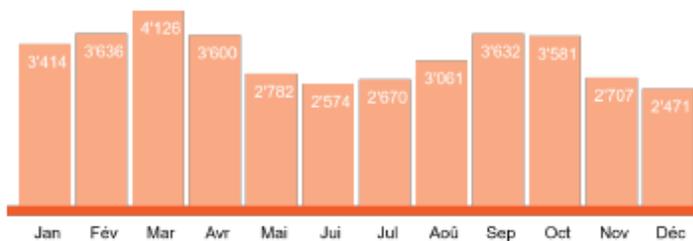
## Annexe 19 : Documents de SuisseEnergie pour les nouveaux PV

# DONNÉES CLÉ DE MON INSTALLATION SOLAIRE

Emplacement: 1950 Sion | Habitants dans la maison: 1 | Type : Photovoltaïque (Consommation électrique) | 30.6.2020

Orientation des modules: 0° | Inclinaison du toit: 90° | Puiss. nom. en façade: 42.5 kW (250 m<sup>2</sup>)

### Production d'électricité annuelle (kWh)



**38'252 kWh**  
**- 434 kWh**  
**= 37'818 kWh**

Production totale de courant  
- Courant solaire utilisé directement  
= Courant solaire injecté sur le réseau



CHF 114'590 | Coût de l'installation clé en main

CHF 14'950 | 13 % des coûts sont couverts par la contribution unique de la Confédération

CHF 12'491 | Déduction fiscale de 11 %

**CHF 87'149**  
Investissement net



**17'672 kg**  
**17'672 kilogrammes de CO2**  
économisés chaque année



**CHF 3'980 d'économie annuelle**

... en consommant 434 kWh de votre propre installation et en revendant le surplus de 37'818 kWh à votre distributeur d'électricité.

Le coût total de l'installation est aussi déductible fiscalement.

**rachion**  
Simulation Framework



**suisse énergie**

Notre engagement : notre futur.

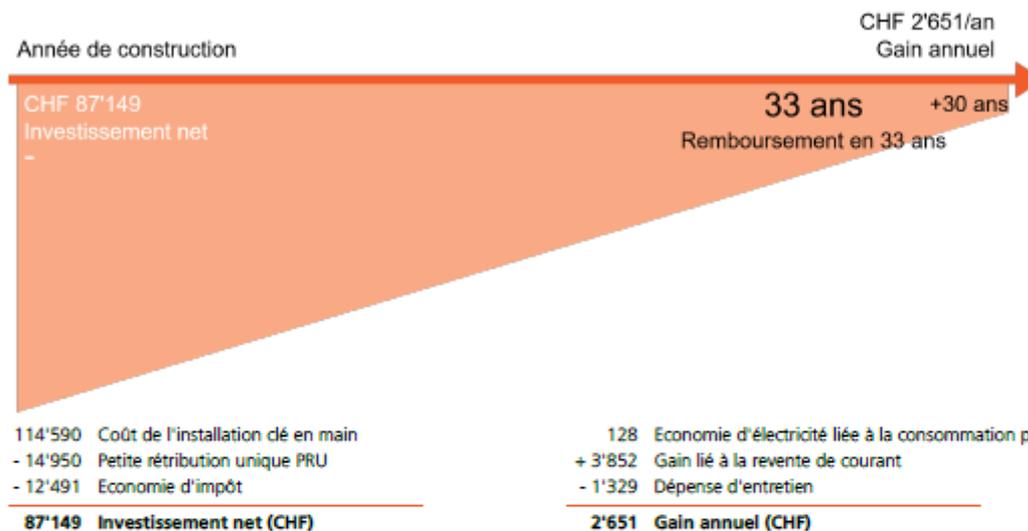
SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN  
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen  
Adresse postale : CH-3003 Berne  
Tél. 058 462 56 11, Fax 058 463 25 00  
[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.suisseenergie.ch](http://www.suisseenergie.ch)

Données météorologiques : Meteonorm

# DONNÉES CLÉ DE MON INSTALLATION SOLAIRE

Emplacement: 1950 Sion | Habitants dans la maison: 1 | Type : Photovoltaïque (Consommation électrique) | 30.6.2020  
Orientation des modules: 0° | Inclinaison du toit: 90° | Puiss. nom. en façade: 42.5 kW (250 m<sup>2</sup>)

## Données financières



## ET ENSUITE ?

Le calculateur solaire est un service gratuit de SuisseEnergie. Ce service vous fournit uniquement une première orientation. Afin d'affiner cette première estimation, demandez trois devis à des installateurs solaires et comparez les devis avec l'aide des experts SuisseEnergie.

- Prenez contact et rencontrez des installateurs solaires.
- Informez-vous. Notre [liste de questions](#) vous aidera à obtenir les bonnes réponses.
- Choisissez la simplicité: une installation clé en main vous évitera bien des désagréments.
- Demandez des offres à trois installateurs. L'association Swissolar propose par exemple une liste d'installateurs qualifiés sur [www.prosdusolaire.ch](http://www.prosdusolaire.ch).
- Faites comparer les devis par un expert: [www.suisseenergie.ch/check-devis-solaire](http://www.suisseenergie.ch/check-devis-solaire)
- Plus d'informations sur l'énergie solaire sur [solaire.suisseenergie.ch](http://solaire.suisseenergie.ch)

tachion  
Simulation Framework



SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN  
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen  
Adresse postale : CH-3003 Berne  
Tél. 058 462 56 11, Fax 058 463 25 00  
[energieschweiz@bfe.admin.ch](mailto:energieschweiz@bfe.admin.ch), [www.suisseenergie.ch](http://www.suisseenergie.ch)

Données météorologiques : Meteonorm

**Annexe 20 : Calcul du temps de remboursement des nouveaux PV**

<b>Temps de remboursement</b>		
Coût de l'installation : 99'640		
<b>Autoconso 65%</b>	<b>Année</b>	<b>Autoconso. 70%</b>
CHF 3'767.00	1	CHF 3'968.63
CHF 7'534.00	2	CHF 7'937.25
CHF 11'301.00	3	CHF 11'905.88
CHF 15'068.00	4	CHF 15'874.50
CHF 18'835.00	5	CHF 19'843.13
CHF 22'602.00	6	CHF 23'811.75
CHF 26'369.00	7	CHF 27'780.38
CHF 30'136.00	8	CHF 31'749.00
CHF 33'903.00	9	CHF 35'717.63
CHF 37'670.00	10	CHF 39'686.25
CHF 41'437.00	11	CHF 43'654.88
CHF 45'204.00	12	CHF 47'623.50
CHF 48'971.00	13	CHF 51'592.13
CHF 52'738.00	14	CHF 55'560.75
CHF 56'505.00	15	CHF 59'529.38
CHF 60'272.00	16	CHF 63'498.00
CHF 64'039.00	17	CHF 67'466.63
CHF 67'806.00	18	CHF 71'435.25
CHF 71'573.00	19	CHF 75'403.88
CHF 75'340.00	20	CHF 79'372.50
CHF 79'107.00	21	CHF 83'341.13
CHF 82'874.00	22	CHF 87'309.75
CHF 86'641.00	23	CHF 91'278.38
CHF 90'408.00	24	CHF 95'247.00
CHF 94'175.00	25	CHF 99'215.63
CHF 97'942.00	26	CHF 103'184.25
CHF 101'709.00	27	CHF 107'152.88
CHF 105'476.00	28	CHF 111'121.50
CHF 109'243.00	29	CHF 115'090.13
CHF 113'010.00	30	CHF 119'058.75

## Annexe 21 : Entretien vendeurs de camions-grues

---

# QUESTIONNAIRE FOURNISSEURS DE CAMIONS

---

Date : 26 mai 2020

Entreprise : Garage HydraTrucks – SCANIA & IVECO

Contact : Guy Ducret

---

Quel type de véhicules à variante électrique proposez-vous ?

2 ou 3 essieux, mais pas de 4x4 actuellement et je pense que ça n'existera jamais, plutôt hydrogène pour le type de modèle de l'entreprise. SCANIA veut développer elle-même toute la chaîne de distribution sans rien externaliser même les batteries ce qui prends un peu plus de temps. Premier camion entièrement électrique fin 2020 et fin 2021 un camion pouvant parcourir 500 km avec 2 ou 3 essieux. En tant que Suédois SCANIA se tourne vers l'hydrogène.

Quels sont les avis que vous recevez sur ces modèles ?

Autonomie trop faible

Les gens n'entendent pas arriver le camion en ville et donc les chauffeurs doivent être plus attentif.

Si c'est une solution entièrement électrique combien de temps dure la batterie ?

500 km avec le nouveau camion SCANIA avec 2 essieux un peu moins avec le 3 essieux.

Comment fonctionne la grue électrique. Faut-il une batterie ou une prise de quelle puissance est-elle nécessaire ?

50-80 kW en énergie continue, donc beaucoup. Avec une prise de 240V ou 360 V cela marche très bien, on peut avoir les deux alternatives soit avec la prise électrique soit avec le moteur thermique du camion. Batterie pas d'actualité mais en développement le problème concerne la puissance demandée. Déjà installé chez un client au canton de Vaud et il est très satisfait et ne voit aucun changement.

Avez-vous eu des problèmes récurrents sur ces modèles ?

Au début les batteries.

Quels sont leur frais annuel ?

On peut constater une baisse des frais comme les freins et tout ce qui est mécanique.

Quels sont les premiers changements qui doivent être effectués ?

Trouve un lieu de chargement avec une prise allant de 40 à 360V, mais conseillé d'avoir la plus grande puissance possible parce que sinon c'est trop long à charger. Avoir l'espace pour tirer le câble.

Quels sont les avantages sur les camions ordinaires ?

Maintenance et moins de pollution de l'air et sonore

Quelles contraintes sont imposées aux chauffeurs ?

Presque aucune par rapport aux autres camions, à part faire attention à l'autonomie avec une conduite adaptée, mais un bon conducteur avec un camion thermique sera un bon conducteur de camion électrique.

En atelier, les contraintes principales concernent les zones de travail séparé et les formations nécessaires des employés. Ce qui peut impacter les prix des réparations.

Assurez-vous toutes la chaînes de production ou délégués la partie carrosserie ?

Les grues avec l'entreprise FASSI

Possédez-vous un service de formation ?

½ journée lors de chaque vente de camion. 50% un bon camion, 50% un bon chauffeur. Bien géré les couples et le gaz-frein.

Discussion

Electricité pas une énergie d'avenir pour les camions, il faudra l'acheter à d'autres pays et peut-être que ce ne sera pas une énergie verte. Les Euro 6 Diesel dernière génération pollue moins qu'une voiture. SCANIA premier en Euro 6 et on est maintenant à la 4<sup>ème</sup> ou 5<sup>ème</sup> génération.

Place des batteries dans des camions avec 4m d'empattement. Sur les 4x4 la hauteur entre le châssis et le sol serait moins grande à cause des batteries, ceci est un gros frein au développement.

SCANIA projette aussi à l'avenir de faire un camion électrique avec boîte à vitesse pour éviter des couples trop élevés.

Leur groupe FIAT fait des fourgons électriques avec de bon retour, mais uniquement destiné à la ville et non à l'autoroute et ils sont bridés à 90 km/h.

Aller visiter le site : [e-mobile.ch](http://e-mobile.ch)

Dès 1000 kilos de batteries on peut augmenter la charge utile de 1000 kilos.

Pas de chiffre sur le prix d'achat de ces véhicules mais environ 4x celui d'un ordinaire.

Redevance poids-lourds = tonnes – km donc plus lourd (fin en 2027)

Baisse de l'impôt sur les plaques pas garantie à long terme.

Le Garage veut aller de l'avant avec une nouvelle halle avec des parties uniquement consacré à l'hydrogène et à l'électrique.

La marque IVECO est une des pionnières de l'électrique pour les camions. Prochainement, elle va sortir le modèle Nicolas en Allemagne.

Pistor roule avec des camions où les batteries peuvent être changée en 10 minutes. Batteries de 1000 à 1500 kilos.

---

# QUESTIONNAIRE FOURNISSEURS DE CAMIONS

---

Date : 20 mai 2020

Entreprise : Garage Troillet – MAN

Contact : Jose Benitez

---

Quel type de véhicules à variante électrique proposez-vous ?

Actuellement, aucun mais arrivée sur le marché d'ici 1 à 2 ans mais c'est compliqué d'en produire. Mais le garage propose l'achat d'un camion ordinaire et ensuite le changement de motorisation chez un partenaire. Mais après, il faut revendre le moteur thermique du camion.

Quels sont les avis que vous recevez sur ces modèles ?

Pas reçu d'avis, mais le problème reste l'autonomie

Si c'est une solution entièrement électrique combien de temps dure la batterie ?

Dépend fortement de l'utilisation, mais entre 100 et 250 km

Comment fonctionne la grue électrique. Faut-il une batterie ou une prise de quelle puissance est-elle nécessaire ?

Toutes les grues Palfinger peuvent être électrifiées. Prise de 360V et 64 Ah. Il est possible de combiner les deux alternatives. Le garage ne l'a jamais encore réalisé mais cela peut se faire. Même grue que celle de base.

Avez-vous eu des problèmes récurrents sur ces modèles ?

!

Quels sont leur frais annuel ?

Ne propose pas l'entretien, mais il y a certainement une baisse des frais.

Quels sont les premiers changements qui doivent être effectués ?

;

Quels sont les avantages sur les camions ordinaires ?

Moins de pollution et baisse des frais de maintenance et de consommation

Quelles contraintes sont imposées aux chauffeurs ?

Conduite moins agressive et stationnement près des prises de courant pour faire fonctionner la grue.

Assurez-vous toutes les chaînes de production ou déléguez la partie carrosserie ?

Les grues avec l'entreprise Palfinger. Il faut un atelier pour grue électrique agréé

Possédez-vous un service de formation ?

Non pas spécialement

Discussion

Prix pour un 4x2 de 18 tonnes : Camion : CHF 130-140'000.-, Changement moteur : CHF 300'000.-, Pont et grue : CHF 170'000.- et CHF 50'000.-

Fourgon :

Très bon retour de la part des clients et déjà vendu. 11 véhicules en phase de test à la Poste. Il ont été satisfaits et ils ont en commande entre 400 et 500.

90 km/h de vitesse maximal

Les montées jusqu'à 1000m d'altitude pas rédhibitoire

Informez les conducteurs sur le type de conduite à adopter et évitez l'autoroute. Moins d'usure de freins

Batterie de 2'000 cycles ou 8 ans

Très bonne tenue de route et beaucoup de stabilité dans les courbes grâce aux batteries

Les bornes de chargement rapide très cher et déconseillé cela endommage la batterie plus de CHF 20'000.-

Phare LED tout électrique à l'intérieur

Chaque utilisation de matériel de bord réduit l'autonomie

Batterie intelligente qui peut être démonté par carrée et diagnostique rapide des carrées péjorant les performances du véhicule

Possibilité de réutilisation des batteries mais pas de recyclage de la part de la marque.

## Annexe 22 :Entretien vendeur de chariots élévateurs

---

# QUESTIONNAIRE FOURNISSEURS DE CHARIOTS ÉLÉVATEURS

---

Date : 29 mai 2020

Entreprise : Toyota

Contact : Christian Wiese

---

Quel type de chariots élévateurs à variante électrique proposez-vous ?

Toute la gamme Traigo 48V. Les plus puissant Traigo 80V (8 tonnes) 40 kWh. Chariot élévateur identique au thermique batterie dessous et derrière. Toyota numéro1 en machine de manutention, a des brevet sur les technologies de décharge intelligente.

Quels sont les avis que vous recevez sur ces modèles ?

Changement de mentalité des clients

Les métiers de chantier sont cependant attachés au bruit du moteur

Très peu de remarques, actuellement ce sont des chariot élévateur très fiable parce que la technologie est développée depuis longtemps

Si c'est une solution entièrement électrique combien de temps dure la batterie ?

2,5 tonnes avec 625 Ah environ 7 heures maximum

Pour optimiser la durée de la batterie il ne faut pas trop de charges lourdes et pas lever très haut c'est ces actions qui demandent le plus d'énergie.

Batterie au lithium chargement rapide 225 Ah en une heure avec une prise de 280 V ou 380V selon modèle de chariot élévateur. Chargeur

Avez-vous eu des problèmes récurrents sur ces modèles ?

Pas spécialement, il est déconseillé de les utiliser dans des pentes, dans le froid (ne démarre pas) et dans des lieux sans courant dans les environs.

Quels sont leur frais annuel ?

Schéma transmis par mail

Quels sont les premiers changements qui doivent être effectués ?

Batterie pour celles au plomb acide

Quels sont les avantages sur les chariots élévateurs ordinaires ?

Moins de pollution et baisse des frais de maintenance et de consommation.

Technologie SAS qui réduit automatiquement la vitesse du véhicule dans les courbes

Silencieux

Analyse sur l'application E-site de toutes les données du véhicules et des chocs forts

Quelles contraintes sont imposées aux caristes ?

Faire attention au chargement et au déchargement des batteries

Possédez-vous un service de formation ?

Non pas à l'interne, mais les clients peuvent être redirigés vers des partenaires.

Analyse des chocs forts pour savoir quel cariste a besoin d'une formation

Discussion

Chariot élévateur avec 3 roues ont des meilleurs rayons de braquage, ils peuvent presque tourner sur eux-mêmes.

Les chargeurs sont programmables

Identification des caristes par badge pour le faire démarrer le chariot élévateur

Cellules des batteries de Panasonic seulement les cellules défectueuse peuvent être changé

Refroidissement des batteries avec de l'huile

7 ans de garantie

Recyclage interne des batteries avec prime de reprise en cas d'achat de nouveaux chariot élévateur de la marque Toyota

Lithium offre le chargement rapide avec pics de consommation

Acide plomb chargement lent mais étale la consommation sans pic de consommation. Le chargement rapide qui peut être effectué avec ce type de batterie est d'une durée de 4h mais déconseillé cela endommage beaucoup les cellules de la batterie et demande l'installation de chargeurs très coûteux.

Service interne avec 90% des pièces détachées disponible en Suisse avec le partenaire Emil Frey

Technicien disponible dans les 24 heures en cas de problème

Traigo 48V pour les besoins de l'entreprise

Prix :

Plomb acide : CHF 35'000.-

Lithium : CHF 41'000.-

Thermique : CHF 30'000.-

Les innovations sont limités par rapport aux être technologie électrique, obliger de garder du poids pour faire le contre-poids, aérodynamisme, rester pas trop large sinon problème dans les entrepôts

## Annexe 24 : Exemption RPLP

### RPLP - véhicule à propulsion électrique



vincent.overney@ezv.admin.ch

À Jeffray Bitz

Répondre

Répondre à tous

Transférer



jeu. 11.06.2020 11:16

Bonjour Monsieur,

Nous avons bien reçu votre demande.

Les véhicules à propulsion électrique sont exemptés de RPLP en application de l'article 3 alinéa 1 lettre j de l'Ordonnance du 6 mai 2000 concernant une redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations (RS 641.811).

Nous restons à votre disposition pour des informations complémentaires.

Cordiales salutations et bonne fin de journée.

Vincent Overney  
Chef de service

Département fédéral des finances DFF  
Administration fédérale des douanes AFD  
Division Redevances sur la circulation

Monbijoustrasse 91, 3003 Bern  
Tél +41584634223  
[vincent.overney@ezv.admin.ch](mailto:vincent.overney@ezv.admin.ch)  
[www.ezv.admin.ch](http://www.ezv.admin.ch)

Be green, keep it on the screen

## Annexe 25 : Planification

	Planification	Remarques
Semaine 1	Etablissement du document	
Semaine 2	Recherche de sources et idées	
Semaine 3	Lecture des sources	
Semaine 4	Lecture des sources	
Semaine 5	Analyse des premières données	Seulement reçues les données par jour
Semaine 6	Préparation du questionnaire pour les employés	La recherche d'information avant d'envoyer le questionnaire a été nécessaire
Semaine 7	Présentation du contexte	
Semaine 8	Préparation des entretiens	Relancé les employés à cause du manque de réponse
Semaine 9	Analyse des réponses du questionnaire	
Semaine 10	Entretien et Batteries	Attendu la fin du confinement stricte
Semaine 11	Entretien et relecture 1ère partie	
Semaine 12	Entretien et transition énergétique	
Semaine 13	Transition énergétique	
Semaine 14	Relecture et mise en page	
Semaine 15	RCP	Seulement avec les premières informations
Semaine 16	Taxe et impôts	
Semaine 17	Analyse comparative	
Semaine 18	Analyse des données de OIKEN et RCP	Reçues les données au quart d'heure
Semaine 19	Recommandation et plan d'action	
Semaine 20	Plan d'action	
Semaine 21	Introduction et Conclusion	
Semaine 22	Relecture	

**Annexe 26 : Liste des contacts**

<b>Contact</b>	<b>E-mail</b>	<b>N° de téléphone</b>
Fredéric Revaz	frederic.revaz@hevs.ch	076 340 24 54
Pierre-Alain Lietti	pa.lietti@lietti.ch	027 205 65 70
Christian Wiese	christian.Wiese@ch.toyota-industries.eu	+41 844 869 682
Guy Ducret	guy.ducret@kolly.com	-
Mathias Fellay	fellay@garagedunord.ch	078 866 50 21
Jose Benitez	jose.benitez@garagetrouillet.ch	
Francis Rossier	courrier@solalpes-energie.ch	078 619 24 90
Vincent Overney	vincent.overney@ezv.admin.ch	+41 584 634 223
Thierry Gaspoz	thierry.gaspoz@oiken.ch	027 617 34 75

## Annexe 27 : Sujet et mandat du travail de Bachelor

### EE - Sujet & mandat TB 2019-2020



Béatrice Girod Lehmann

À  Jeffray Bitz

Cc  Frédéric Revaz

 Répondre

 Répondre à tous

 Transférer



mar. 28.01.2020 10:36

Bonjour,

Suite à l'examen des formulaires "sujet & mandat définitif" de TB par le jury, nous vous informons que le vôtre est accepté avec commentaires.

Le jury vous demande de prêter attention aux points suivants :

- Le titre ne correspond toujours pas aux objectifs. Quels sont les objectifs du travail?
- Votre état de l'art doit contenir des sources, ce qui n'est pas le cas là. Attention lors de l'écriture de votre TB. Il faut avoir la preuve de ce que vous écrivez.
- Les objectifs et livrables sont très sommaires, attention à apporter une bonne plus-value à votre TB.
- Votre échéancier est très sommaire. Il serait important de fixer d'autres dates pour que vous puissiez mieux savoir où vous en êtes dans votre planification.

**Ces commentaires devront être intégrés dans les annexes du TB.**

Pour la suite du processus, après signature par le responsable de filière, un exemplaire du formulaire vous sera transmis. Merci de transmettre une copie à votre professeur et à votre mandant.

Votre travail de Bachelor débute officiellement le 10 février 2020. Pour cette date, les documents vous seront envoyés par poste.

Toutes les informations relatives au module du travail de Bachelor sont à disposition sur Cyberlearn.

Je reste à votre disposition pour toute question.

Cordiales salutations,

Filière: Economie d'entreprise, plein temps

Année 2019/2020

Confidentiel  Non confidentiel

La directive sur les travaux de bachelor D12.2.02.01 décrit précisément l'engagement de la HES-SO Valais-Wallis et celle du mandant selon que le sujet est confidentiel ou non.

<b>Etudiant-e</b> NOM Prénom BITZ Jeffray Tél. 078/624 19 97	<b>Professeur</b> NOM Prénom REVAZ Frédéric
<b>Mandant-e</b> NOM (raison sociale) Ferd. Lietti SA Matériaux de Construction Adresse complète Rue de la Dixence 48 1950 Sion Email pa.lietti@lietti.ch	<b>Personne de contact</b> NOM Prénom LIETTI Pierre-Alain Fonction Directeur Tél. 027/205 65 70
<b>Titre du travail de bachelor</b> Amélioration de la rentabilité de la centrale solaire de Ferd. Lietti	
<b>Echéancier des travaux de bachelor</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Formation à plein temps <input checked="" type="checkbox"/> Variante 1 février – juillet</li> <li style="padding-left: 20px;"><input type="checkbox"/> Variante 2 septembre – novembre</li> <li>➤ Formation en emploi <input type="checkbox"/> Variante 1 février – août</li> <li style="padding-left: 20px;"><input type="checkbox"/> Variante 2 septembre – janvier</li> <li>➤ Type de tentative <input checked="" type="checkbox"/> Première tentative</li> <li style="padding-left: 20px;"><input type="checkbox"/> Seconde tentative</li> </ul>	

D'autre part le-la mandant-e confirme avoir pris bonne note :

- de la directive du système qualité relatives au travail de bachelor
- que le travail sera réalisé selon la variante choisie ci-dessus
- que la recherche d'un sujet de travail de bachelor incombe à l'étudiant-e; ses contacts avec les entreprises susceptibles de fournir un mandat n'engagent pas la responsabilité de l'école.
- que le travail reste propriété de la HES-SO Valais-Wallis et que l'exemplaire qui est remis à l'entreprise par l'étudiant-e est destiné exclusivement à ses propres besoins
- que la HES-SO Valais-Wallis se réserve le droit de publier sur le site Internet de l'école, le nom de l'entreprise, de l'étudiant-e, le titre du travail de bachelor ainsi qu'un résumé (sauf travaux confidentiels)
- que les travaux confidentiels ne sont pas publiés. Le nom de l'étudiant, accompagné de l'information "Confidentiel" est publié avec un résumé du travail de bachelor, ne contenant ni les chiffres, ni les données sensibles. Le nom de l'entreprise n'est pas publié.
- que la défense orale n'est pas publique (assistent à la défense, le professeur, l'expert et un représentant de la filière)
- que l'étudiant et le professeur planifient avec le représentant du mandant / de la mandante, une présentation du travail de bachelor à l'entreprise

EE	IG	TO
X		

**Attestation d'originalité (à l'attention de l'entreprise mandante)**

- Le/la mandant-e atteste qu'aucune étude similaire n'a déjà été effectuée.

- Lorsque des éléments relatifs au travail préexistent, ils doivent être mentionnés d'une manière explicite ci-après.

**A la suite de ce formulaire, chaque étudiant-e doit fournir un rapport de 3 pages, comprenant les éléments suivants :**

<b>1. Titre du travail</b>	<b>Indiquez</b> 1.1. Un titre pertinent qui fait référence au contexte, à l'objectif principal et éventuellement au nom de l'organisation / du projet.
<b>2. Le contexte (l'entreprise)</b>	<b>Indiquez :</b> 2.1. Quel est le contexte de votre entreprise et qu'attend-elle de votre travail de bachelor ? (max. 10 lignes) 2.2. Où votre travail va-t-il s'arrêter (ce que vous n'allez pas faire après discussion avec votre mandant) ?
<b>3. L'état de l'art</b>	<b>Indiquez</b> 3.1. Rédigez un bref état de l'art sur la thématique de votre travail de bachelor (méthodes possibles, définition des concepts, contexte, secteur d'activités, etc.) sur 15 – 20 lignes.
<b>4. Les objectifs du travail</b>	<b>Indiquez sous la forme d'objectifs spécifiques, mesurables, atteignables, réalistes et temporels :</b> 4.1. Quelle est la question de recherche associée à votre problématique, à laquelle vous allez répondre à la fin de votre travail ? 4.2. Quels sont les objectifs que votre mandant cherche à atteindre avec votre travail ? (min. 4 objectifs) 4.3. Quels sont les livrables que vous allez présenter à votre mandant à la fin de votre travail? (un livrable est un résultat tangible, mesurable et vérifiable d'un projet, comme par exemple un cahier de charges, une analyse SWOT, les résultats d'une enquête...) 4.4. Quelle sera la plus-value ainsi que l'impact de votre travail pour votre mandant ?
<b>5. Les méthodologies</b>	<b>Indiquez</b> 5.1. Quelles méthodologies vont vous permettre de répondre à votre question de recherche et d'atteindre les objectifs cités en point 4.2 ? (max. 10 lignes). Si vous envisagez de réaliser des entretiens qualitatifs, merci de noter le nombre d'entretiens prévus et le public cible (qui souhaitez-vous interroger ?). Si vous souhaitez faire remplir un questionnaire, merci de transmettre le nombre de retours attendus et le public cible (qui souhaitez-vous interroger ?). 5.2. Comment allez-vous collecter les données nécessaires à votre travail et garantir leur qualité ? (max. 10 lignes)
<b>6. La planification</b>	<b>Indiquez :</b> 6.1. Comment allez-vous répartir les 360 heures sur les étapes de votre travail en tenant compte de l'effort nécessaire pour implémenter la méthodologie (5.) et atteindre les objectifs (4.) ? 6.2. Quelles sont les principales dates / milestones dans le déroulement de votre travail ?
<b>7. La liste des références</b>	7.1. La référence complète des sources qui seront en priorité utilisés dans votre état de l'art et votre travail, selon les normes APA.
<b>ATTENTION</b>	avant restitution, le descriptif définitif du mandat doit être daté et signé, par: l'entreprise mandante, le professeur et l'étudiant-e

EE	IG	TO
X		

## Descriptif du mandat du travail de bachelor

1.
  - 1.1. Amélioration de la rentabilité de la centrale solaire de Ferd. Lietti
2.
  - 2.1. Ferd. Lietti SA est une entreprise située à Sion depuis 1926. Elle propose une gamme complète de produits pour la construction et la rénovation du bâtiment. En 2008, elle a installé une pompe à chaleur à gaz pour la production de chaleur et de froid, une des premières en Suisse. En 2012, elle a équipé l'intégralité de ses toits de panneaux solaires photovoltaïques (RPC et RU). Désireuse de minimiser encore son impact sur l'environnement, l'entreprise attend une analyse détaillée de leur consommation en énergie et désire avoir un avis externe sur les diverses améliorations possibles. Elle demande une analyse chiffrée concernant le remplacement des élévateurs diesel en élévateurs électriques et concernant le changement des camions actuel en camions à hydrogène ou électrique. Elle attend également la rédaction d'une charte pour les employés de bureau afin de baisser leur consommation et savoir s'il serait possible de créer une communauté d'autoconsommation après ses changements.
  - 2.2. Le travail s'arrêtera à l'isolation des bâtiments parce qu'ils datent de 1964 et 1986 et ils ne sont ni chauffés ni refroidis grâce à leur orientation Ouest-Est.
3.
  - 3.1. La stratégie 2050 du Conseil fédéral vise une réduction massive des émissions de CO<sub>2</sub> ainsi qu'une production d'énergie provenant des ressources renouvelables telles que le soleil, le vent ou l'eau. La pose de panneaux solaires sur les toits d'habitation ou des industries est une alternative majeure pour la production de chaleur et d'énergie. Afin de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub>, nos habitudes de déplacement devraient radicalement changer. Il faudrait remplacer nos véhicules thermiques par des véhicules électriques. Ces derniers utiliseraient l'électricité produite par des ressources renouvelables et n'émettraient pas de CO<sub>2</sub>. De plus, les coûts d'entretien des véhicules électriques sont largement inférieurs à ceux thermiques. Le principal inconvénient des panneaux solaires photovoltaïques est que l'énergie produite doit être directement consommée par son propriétaire et s'il ne le fait pas l'énergie est réinjectée dans le réseau et la rétribution est moindre. Cependant, ce problème peut être résolu en créant une communauté d'autoconsommation, elle permet aux détenteurs de panneaux solaires de vendre son énergie à ses voisins. Ces derniers sont liés via une convention. Le prix du kWh que le détenteur de panneaux solaires vend ne peut pas être supérieur à celui du fournisseur d'électricité. Les principaux avantages de ce regroupement sont de gagner en indépendance et de profiter d'une énergie locale et renouvelable afin de baisser les coûts.
4.
  - 4.1. Quels sont les coûts pour effectuer le changement des élévateurs et des camions ?  
Est-ce possible d'avoir un camion-grue avec une grue électrique et quels sont les coûts et les contraintes de cette dernière ?  
Après ces changements serait-il encore possible de créer une société d'autoconsommation ou faudrait-il rajouter des panneaux et que cela rapportera ?
  - 4.2. Changement des élévateurs diesels en élévateurs électriques.

EE	IG	TO
X		

Changement des camions actuels en camions à hydrogène ou électriques.  
Optimisation de l'utilisation d'énergie.  
Diminution de la facture d'énergie.  
Analyse de la vente possible du surplus de production à des tiers (communauté d'échange)  
Etudier les différentes possibilités de financement.

- 4.3. Analyse des courbes de charges.  
Budget pour le changement des camions et des élévateurs.  
Charte pour les employés de bureaux.  
Enquête sur une possibilité de regroupement de consommation propre.
- 4.4. Le mandant aura un point de vue externe et il pourra déterminer quelles mesures il devra entreprendre afin d'effectuer ses changements. Le mandant recevra également une charte pour les employés de bureaux afin de baisser leur consommation d'énergie.

5.

- 5.1. Afin d'étudier si une communauté d'échange est possible, je vais interroger par l'intermédiaire d'entretien qualitatif les entreprises comme Feldschlösschen qui côtoient Ferd. Lietti pour savoir si une entreprise serait intéressée de rejoindre une communauté d'échange. (Maximum 5 entretiens). Afin de réaliser la charte, je vais faire une ou deux journées avec des employés de l'entreprise pour comprendre leur mode de travail et ensuite réaliser un questionnaire quantitatif afin de récolter un maximum de réponses (espéré plus que 20). Je vais passer une journée sur le terrain avec un chauffeur de camion-grue afin de comprendre sa façon de travailler et lui poser des questions sur son travail. Je vais réaliser un entretien avec un vendeur d'élévateur électrique, avec un vendeur de camion hydrogène ou électrique et avec le vendeur actuel pour avoir des informations concrètes afin de réaliser l'analyse financière.
- 5.2. Afin de collecter les données nécessaires et de garantir leur qualité, je vais m'appuyer sur une revue de littérature fournie afin de rassembler le plus de connaissances possibles sur les différents sujets. Je vais interroger mes professeurs d'énergie afin d'avoir des compléments d'informations sur les sujets que je ne comprends pas. Je vais également m'appuyer sur les données produites par l'entreprise concernant les différentes courbes de charges. Je serais présent au cours collectif de M. Stéphane Genoud afin d'échanger avec d'autres étudiants.

6.

- 6.1. 50h = Récoltes des données  
40h = Analyse des courbes de charges et de la production solaire du bâtiment.  
100h = Réalisation des analyses financières  
40h = Etude sur la communauté d'échange  
50h = Recommandations  
80h = Etude de littérature
- 6.2. Avant le 10 février 2020, je me fixe comme objectif de finir la mise en page du document de base et la recherche d'informations de base.  
10 février 2020 : Début officiel de la rédaction.  
En premier lieu, je vais analyser la production actuelle des panneaux solaire et la courbe de charges du bâtiment. Parallèlement, je réaliserai et enverrai le questionnaire quantitatif aux employés.  
Ensuite, je vais réaliser les entretiens avec les vendeurs d'élévateur électrique et les vendeurs de camions hydrogène ou électrique.

EE	IG	TO
X		

Par après, je développerai les différentes analyses financières et commencerai les entretiens pour la communauté d'échange.

Pour finir, je réaliserai la charte pour les employés et les recommandations pour l'entreprise.

13.07.2020 : Rendu du travail

7.

7.1. Romande Energie. (2018). *Regroupement d'autoconsommateurs : réduire votre facture par l'autoconsommation d'énergie propre*. Récupéré sur [https://www.romande-energie.ch/images/files/particuliers/maison-et-energie/regroupements/livreblanc\\_regroupements\\_autoconsommation.pdf](https://www.romande-energie.ch/images/files/particuliers/maison-et-energie/regroupements/livreblanc_regroupements_autoconsommation.pdf)

Swissolar. (2015). *Chaleur et électricité par la force du soleil*. Récupéré sur [https://www.swissolar.ch/fileadmin/user\\_upload/Shop/Swissolar\\_Broschu\\_ere\\_FR\\_low.pdf](https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Shop/Swissolar_Broschu_ere_FR_low.pdf)

Association nationale pour le développement de la mobilité électrique. (2014). *Maintenance et entretien du véhicule électrique*. Récupéré sur [http://www.avere-france.org/Site/Article/?article\\_id=5888](http://www.avere-france.org/Site/Article/?article_id=5888)

ADEME. (2016). *Guide d'information sur la sécurité des véhicules à hydrogène et des stations-service de distribution d'hydrogène*. Récupéré sur [http://www.afhycac.org/documents/publications/colloques/JourneeH2territoires2015/ademe\\_guide\\_securite\\_h2\\_ok\\_juin\\_2015.pdf](http://www.afhycac.org/documents/publications/colloques/JourneeH2territoires2015/ademe_guide_securite_h2_ok_juin_2015.pdf)

Kluczka, A. (2018). *Chariot électrique ou thermique (gaz/diesel) : comment choisir ?* [Publication sur blog] Récupéré sur

<http://equipementse3.com/nouvelles/les-differences-entre-un-chariot-eleveur-electrique-ou-au-propane/>

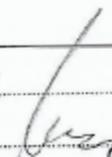
EE	IG	TD
X		

Commentaires du professeur responsable du suivi - thèmes à développer ou à exclure, exigences de l'école, outils à utiliser, remarques et recommandations, etc

Date : 12.12.2019.....

Signature de l'étudiante-e : 

Date : 17.12.2019.....

Signature du professeur/de la professeure : 

Date : 17.12.2019.....

Signature du mandant/de la mandante : 

Date : 0.3.FEV. 2020.....

Validation du Responsable de filière : 

## **Déclaration de l'auteur**

« Je déclare, par ce document, que j'ai effectué le travail de Bachelor ci-annexé seul, sans autre aide que celles dûment signalées dans les références, et que je n'ai utilisé que les sources expressément mentionnées. Je ne donnerai aucune copie de ce rapport à un tiers sans l'autorisation conjointe du RF et du professeur chargé du suivi du travail de Bachelor, y compris au partenaire de recherche appliquée avec lequel j'ai collaboré, à l'exception des personnes qui m'ont fourni les principales informations nécessaires à la rédaction de ce travail et que je cite ci-après : Frédéric Revaz, Pierre-Alain Lietti, Christian Wiese, Mathias Fellay, Jose Benitez et Guy Ducret »

Sierre, le 13 juillet 2020

Jeffray Bitz