

Travail de Bachelor 2015

Bilan énergétique et pistes d'efficienne de la société Télévercorin SA



Étudiant : Sébastien Perruchoud

Professeur : Michel Bonvin

Déposé le : 13.07.2015

Résumé managérial

Ce travail de Bachelor vise à soutenir l'implantation d'un programme d'efficacité énergétique en cohérence avec la stratégie de développement économique de la société Télévercorin SA.

En vue de mieux maîtriser et optimiser ses dépenses énergétiques liées aux principales activités que sont les transports, l'enneigement technique mais aussi la restauration, une analyse détaillée de la consommation 2013 a été menée. La comparaison avec les référentiels nationaux relatifs aux remontées mécaniques a permis de déterminer un certain nombre de pistes d'optimisations énergétiques.

Les principales pistes retenues peuvent se résumer ainsi :

- Le plus gros potentiel de gain d'énergie électrique réside dans l'optimisation de la vitesse et du nombre de cabines tout en répondant aux exigences des clients en termes de durée du trajet et du temps d'attente au départ
- A la station intermédiaire, la proximité des ateliers et des moteurs de la télécabine facilitent la récupération de chaleur des moteurs pour le chauffage des locaux. L'installation de panneaux solaires compléterait avantageusement l'autonomie énergétique du bâtiment.
- Une répartition optimale de la couche de neige sur la piste grâce à un système de mesure intelligent permet une économie non négligeable en termes d'heures de damage, de litres de diesel consommés ainsi que de m³ de neige artificielle.

D'autres pistes d'optimisation touchant des plus petits consommateurs comme la restauration, le bâtiment administratif, les gîtes ainsi que des sources de production d'énergies renouvelables (turbinage et panneaux solaires) sont également suggérées.

Le tableau récapitulatif de l'ensemble des mesures et de leurs impacts servira de base pour la mise en place d'un programme d'efficacité énergétique au sein de Télévercorin SA qui devra être échelonnée dans le temps.

Mots-clés : remontées mécaniques, efficacité énergétique, Télévercorin SA.

Avant-Propos et remerciements

Les remontées mécaniques sont en Valais un acteur primordial tant au niveau économique que touristique. C'est pourquoi il est essentiel de pérenniser l'exploitation de ces sociétés valaisannes et cela passe entre autres par une gestion consciencieuse de ses dépenses énergétiques.

Les analyses mais aussi les recommandations que vous trouverez dans cet audit énergétique n'auraient pas été effectuées sans l'aide précieuse de nombreuses personnes. Je désire donc les remercier infiniment pour le temps consacré à ce projet :

- Michel Bonvin, coordinateur de ce travail de Bachelor et professeur de l'option Energy Management
- Stéphane Genoud, professeur de l'option Energy Management
- Serge Imboden, professeur de l'option Energy Management
- Frédéric Glassey, directeur de Télévercorin SA
- Raoul Comina, responsable de l'enneigement technique de Télévercorin SA
- Alain Perruchoud, Président de la commune, membre du conseil d'administration de Télévercorin SA et directeur technique à Sierre-Energie SA
- Laurent Antille, Responsable Métrologie à Sierre-Energie SA

Table des matières

Résumé managérial.....	ii
Avant-Propos et remerciements	iii
Table des matières	iv
Liste des tableaux.....	ix
Liste des figures.....	x
1 Introduction.....	1
1.1 Contexte, objectifs et méthodologie	1
2 Bases théoriques	2
3 Glossaire des remontées mécaniques	3
4 Notions financières	3
4.1 Payback.....	3
4.2 VAN – Valeur actuelle nette.....	4
4.3 TRI – Taux de rentabilité interne.....	4
4.4 Prix du kWh	4
5 Situation initiale	5
6 Le dilemme énergétique des remontées mécaniques.....	7
6.1 Le réchauffement climatique en Suisse	7
6.2 Exigences des clients	8
6.3 Développement en montagne	9
6.4 Conséquences	11
7 Bilan énergétique de Télérvercorin SA.....	12
7.1 Définition de la base de calculs.....	12
7.2 Consommation électrique annuelle (saison 2013-2014).....	12
7.2.1 Charges liées aux pics de puissance	14

7.2.2	Récapitulatif de la consommation d'énergie	16
7.3	Inventaire et consommation des installations de transport.....	18
7.3.1	Inventaire	18
7.3.2	Consommation des installations	20
7.4	Efficacité énergétique de la télécabine.....	22
7.5	Pertes liées aux frottements	24
7.6	Inventaire et consommation des bâtiments.....	25
7.6.1	Enveloppe thermique des bâtiments.....	27
7.6.2	Analyse financière des bâtiments destinés à la restauration	28
7.6.3	Comparaison de la consommation électrique selon les normes de l'hôtellerie suisse	29
7.7	Inventaire du parc véhicules	30
7.8	Consommation de combustibles.....	30
7.9	Inventaire et consommation des installations d'enneigement technique	31
7.9.1	Inventaire des installations	32
7.9.2	Consommation des installations d'enneigement technique	33
7.9.3	Taxe de puissance	38
7.9.4	Efficacité énergétique des pistes	38
7.10	Cartographie de la consommation électrique des installations	39
7.11	Analyse financière	40
8	Pistes d'optimisations	41
8.1	Télécabines.....	41
8.1.1	Optimisation du fonctionnement des télécabines.....	41
8.1.2	Réduction de la vitesse.....	42
8.1.3	Optimisations diverses	43

8.1.4	Optimisation de la courbe de charge des moteurs.....	43
8.2	Restaurant	44
8.2.1	Température ambiante et aération	44
8.2.2	Courbe de chauffe	44
8.2.3	Isolation	45
8.2.4	Eau chaude	45
8.2.5	Achat d'appareils et de machines	45
8.2.6	Formation du personnel.....	45
8.2.7	Veille des machines et appareils	46
8.2.8	Eclairage	46
8.2.9	Chauffage extérieur.....	46
8.2.10	Gestion des pics de puissance.....	46
8.3	Bâtiment administratif – Station de Vercorin	47
8.3.1	Isolation	47
8.3.2	Appareils de bureau	47
8.3.3	Installation de panneaux photovoltaïques (calculs annexe XI).....	48
8.4	Bâtiment de Sigeroulaz – intermédiaire	49
8.4.1	Récupération de la chaleur des moteurs	49
8.4.2	Installation de panneaux photovoltaïques (calculs annexe XII).....	49
8.5	Enneigement artificiel	50
8.5.1	Optimisation sans frais d'investissement	50
8.5.2	Optimisation avec coûts d'investissement (Thomas, 2009)	51
8.5.3	Optimisation de la courbe de charge.....	52
8.6	Préparation des pistes.....	53
8.6.1	Snowfarming	53

8.6.2	Gestion des pistes - dameuses	53
8.7	Retenue collinaire	55
8.7.1	Refroidissement	56
8.7.2	Turbinage de la source du Mont-Major	56
8.8	Remplacement d'un télési.....	57
8.9	Acheter de l'énergie à meilleur compte.....	57
9	Conclusion des pistes d'optimisations	59
10	Conclusion et limites de l'étude	62
11	Bibliographie	63
12	Listes des annexes :	70
	Annexe I: Présentation de la société de Télévercorin SA.....	71
	La société Télévercorin SA.....	71
	Etat des lieux.....	74
	Annexe II : Données techniques des installations.....	75
	Annexe III : Courbe de charge traction 1 du 02.03.2015 au 06.03.2015	77
	Annexe IV : Besoin d'électricité de Télévercorin SA	78
	Annexe V : Charges liées aux pics de puissance.....	78
	Annexe VI : Structure et coûts de la consommation 2013 de Télévercorin SA	79
	Annexe VII : Coefficient efficacité théorique	79
	Annexe VIII : Consommation de diesel par hectare / nombre de premiers passage	80
	Annexe IX : Pics de puissance du restaurant.....	81
	Annexe X : Consommation en veille des appareils de bureau chez CimArk.....	82
	Annexe XI : Station de départ - Installation de panneaux PV – calculs financiers.....	83
	Annexe XII : Station intermédiaire - Installation de panneaux PV – calculs financiers.....	84
	Annexe XIII : Turbinage source Mont-Major – calculs financiers	85

Annexe XIV : Données de base Sierre-Energie..... 86

13 Déclaration de l'auteur..... 88

Liste des tableaux

Tableau 1 Charges relatives à l'exercice 2013-14.....	13
Tableau 2 Caractéristiques des différents téléskis.....	19
Tableau 3 Données techniques des installations.....	19
Tableau 4 Consommation des installations.....	21
Tableau 5 Coefficient d'efficacité théorique et réel des télécabines de Vercorin.....	23
Tableau 6 Répartition de la consommation électrique des bâtiments.....	26
Tableau 7 Consommation électrique en MJ par m2 des principaux bâtiments.....	27
Tableau 8 Consommation de mazout par m2 des principaux bâtiments.....	27
Tableau 9 Pourcentage des coûts énergétiques par rapport au chiffre d'affaires.....	29
Tableau 10 Pourcentage des coûts énergétiques par rapport au chiffre d'affaires.....	29
Tableau 11 Consommation des différents carburants et combustibles.....	30
Tableau 12 Conversion des combustibles en kWh.....	31
Tableau 13 Inventaire installations enneigement technique.....	33
Tableau 14 Statistiques par type de canons.....	34
Tableau 15 Consommation totale enneigement technique.....	37
Tableau 16 Estimation du potentiel d'économie des télécabines.....	41
Tableau 17 Consommation effective / optimisée des télécabines.....	42
Tableau 18 Calculs financiers relatifs à l'installation de délesteurs.....	47
Tableau 19 Consommation chauffages ateliers et potentiel de récupération de chaleur.....	49
Tableau 20 Economie heures de travail des dameuses.....	55

Liste des figures

Figure 1 Dilemme énergétique des remontées mécaniques	6
Figure 2 Changements de température vers 1990.....	7
Figure 3 Proportion des pistes enneigées techniquement sur le total des surfaces de pistes préparées en Suisse (en %)	9
Figure 4 Développement du nombre d'installations de transport.....	10
Figure 5 Consommation électrique 2013-14 en kWh	12
Figure 6 Besoin d'électricité de Télévercorin SA.....	14
Figure 7 Pointe de puissance générée par consommateur par mois.....	15
Figure 8 % de puissance taxée par installation	15
Figure 9 Structure et coûts de la consommation électrique 2013 de Télévercorin SA.....	16
Figure 10 Carte des installations du domaine	18
Figure 11 Installation intermédiaire - Sigeroulaz	20
Figure 12 kWh consommés par téléskis en rapport avec leur longueur (hypothèse)	21
Figure 13 Consommation des installations	21
Figure 14 Flux énergétique d'un télésiège avec un taux d'occupation de 65%	24
Figure 15 Répartition de la consommation des bâtiments.....	25
Figure 16 Comparaison des consommations électriques et de mazout par mètre carré selon les standards minergie	27
Figure 17 T60 - TechnoAlpin	32
Figure 18 Evolution de la consommation d'air comprimé en kW par lance	33
Figure 19 Statistiques enneigement technique 2013-14	34
Figure 20 Consommations canons T40 et perches V3	35
Figure 21 Cartographie des installations d'enneigement technique	36
Figure 22 Cartographie de la consommation des installations et bâtiments	39
Figure 23 Chiffre d'affaires des transports comparé à sa consommation électrique de la télécabine.....	40
Figure 24 Consommation électrique du restaurant par rapport à son chiffre d'affaires ...	40
Figure 25 Consommation effective / optimisée	42
Figure 26 Courbe de chauffe appliquée à une chaudière basse température	44
Figure 27 Solution de gestion de pistes de l'entreprise Arena	54

Figure 28 Hypothèse : turbinage de l'eau de la source du Mont-Major..... 56

Figure 29 Analyse d'une courbe de charge totale..... 58

Figure 30 Consolidation des pistes d'optimisation 59

Figure 31 Economies potentielles avant et après application des mesures d'optimisation
..... 60

Figure 32 Village de Vercorin..... 71

Figure 33 Commune de Chalais 73

Figure 34 Etat du financement décembre 2014..... 74

Figure 35 Calculateur production électrique panneaux PV 84

Figure 36 Cadastre commune de Chalais 84

1 Introduction

1.1 Contexte, objectifs et méthodologie

« Les remontées mécaniques constituent le socle sur lequel les régions de montagnes ont organisé le développement de leur offre touristique. Le Valais totalise entre 8 à 10 millions de journées-skieurs par année, soit 30% de la fréquentation nationale.» (Observatoire Valaisan du Tourisme, 2012, p. 1). Cette étude menée par la HES-SO Valais et le Département de l'économie de l'énergie et du territoire (DEET) démontre l'impact des remontées mécaniques sur le développement mais également la pérennité du tourisme valaisan.

Afin de dynamiser l'activité touristique de la station de Vercorin, une réflexion quant à la création d'une zone de construction favorisant l'implantation de lits chauds et la mise à niveau des installations de remontées mécaniques a été menée (Commune de Chalais, 2011, p. 3). Cette volonté d'expansion de la station constitue non seulement un défi économique mais également écologique. En ce sens, Télévercorin SA a investi plus de 15 millions (Commune de Chalais, 2011, p. 10) afin de remplacer la télécabine, vieille de 35 ans, et de pouvoir offrir des prestations similaires à la concurrence.

Ce nouveau confort et l'augmentation de la capacité de transport engendrent une consommation énergétique importante. Maîtriser et optimiser ses dépenses énergétiques pour Télévercorin SA se révèlent alors comme une nécessité pour diminuer ses charges d'exploitation.

L'analyse détaillée de la consommation 2013 de la Télévercorin SA ne peut se faire qu'après une consolidation des informations, une homogénéisation et une construction de bases de données tant financières qu'énergétiques fiables. Ces données touchent les principales activités que sont les transports, l'enneigement technique mais aussi la restauration.

La consolidation des référentiels énergétiques des remontées mécaniques au niveau national permettra de comparer les résultats détaillés des analyses de consommations et de déterminer ainsi des pistes d'optimisation.

Ce travail de Bachelor vise à soutenir l'implantation d'un programme d'efficacité énergétique en cohérence avec la stratégie de développement économique de la société.

2 Bases théoriques

Tout au long de cette étude, plusieurs termes techniques seront utilisés. Afin de faciliter la compréhension, voici un glossaire récapitulatif.

- **Energie – Puissance** : L'énergie se traduit par le « caractère d'un système matériel capable de produire du travail » (Le Robert, 2002). La notion de puissance quant à elle se définit par « la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre » (Wikipédia, 2015). Une puissance multipliée par le temps donne donc une énergie.
- **Consommation d'énergie** : « selon les lois de la thermodynamique, l'énergie ne peut être ni « consommée », ni « produite », mais uniquement transformée d'une forme d'énergie à une autre. Le terme familier de « consommation d'énergie » va cependant être utilisé dans cette étude pour une certaine quantité d'énergie effectivement réalisée (mesurée) » (Roland Zegg, 2010, p. 13).
- **CO₂** : signifie dioxyde de carbone qui est un important gaz à effet de serre. Il se dégage principalement lors de la combustion de combustibles fossiles lorsque l'apport en oxygène est suffisant (Roland Zegg, 2010, p. 13).
- **Energie en ruban** : « énergie électrique qui doit être mise à disposition toute la journée (pendant 24 heures) par les centrales afin de couvrir les besoins de base. Le contraire est appelé énergie de pointe » (Roland Zegg, 2010, p. 13)
- **Unités énergétiques** : « d'après le système international d'unités [SI], le Joule [J] ou le wattseconde [Ws] sont les unités reconnues pour l'énergie. L'unité de mesure kilowattheure [kWh], fréquemment utilisée, correspond à 1000 wattheure et 3600 kilojoules [kJ]. Sont souvent utilisés aussi le gigawattheure [GWh] et le térawattheure [TWh, qui correspondent à un million respectivement à un milliard de wattheure » (Roland Zegg, 2010, p. 13).
- **Energie renouvelable** : « forme et flux d'énergie qui proviennent de sources énergétiques par rayonnement solaire, chaleur terrestre et gravitation et dont les cycles de vies se déroulent en l'espace d'une vie humaine » (Roland Zegg, 2010, p. 13).

- **Energie fossile** : « le carbone et les hydrocarbures, tels le charbon, le pétrole, le gaz naturel, accumulés au fil de l’histoire de la terre, et conservés en période géologique » (Roland Zegg, 2010, p. 14).
- **Durée d’utilisation de la puissance, DUP** : est la consommation en kWh pendant une heure sur la puissance maximale atteinte. En multipliant ce résultant par 24 puis par 365, on obtient la durée d’utilisation annuelle (Genoud, 2015).
- **Pic de puissance, pointe de charge ou puissance de pointe** : « la puissance de pointe représente la consommation maximale d’énergie pendant un quart d’heure sur une période de calcul en règle générale d’un mois » (Roland Zegg, 2010, p. 14).
- **Redevances fédérales** : redevance pour la promotion des énergies renouvelables + redevance pour la protection des eaux et des poissons (Sierre-Energie SA, 2015).
- **Redevances communales** : PCP = prestations dues aux collectivités publiques, en l’occurrence les communes de la zone de desserte de Sierre-Energie pour la mise à disposition de l’espace public (Sierre-Energie SA, 2015).
- **Coût de fourniture** : prix de l’énergie électrique
- **Coût de l’acheminement** : coût lié au transport et à la distribution de l’énergie électrique

3 Glossaire des remontées mécaniques

- **Premier passage** : le premier passage correspond au premier enregistrement du ticket du client par le système. Il ne tient pas compte des autres trajets effectués durant le reste de la journée. Durant la saison estivale, le nombre de premiers passages correspond bien souvent aux nombres de remontées car la vente de billets individuels est fréquente. (Roland Zegg, 2010, p. 17)

4 Notions financières

4.1 Payback

Selon (Leimgruber & Urs, 2007, p. 135), le payback représente le temps nécessaire à un investissement pour qu’il soit remboursé par les cash-flows dégagés.

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investissement}}{\text{Cash flow}}$$

4.2 VAN – Valeur actuelle nette

La valeur actuelle nette est un outil d'aide à la décision d'investissement. Elle représente la somme des cash-flows actualisés en déduction de l'investissement initial. « Pour l'actualisation des cash-flows on utilise un taux qui reflète le taux de rendement requis pour le projet d'investissement et qui prend en compte l'inflation des prix et les risques spécifiques au projet » (Quelques notions financières de base, 2015). Le taux permet également de couvrir le taux d'intérêt dans le cas où le capital de base doit être emprunté (Leimgruber & Urs, 2007, p. 136).

4.3 TRI – Taux de rentabilité interne

« Le TIR est le taux qui permet d'égaliser les dépenses avec les valeurs actuelles des cash flows d'un projet d'investissement, c'est à dire le taux pour lequel la valeur actuelle nette (VAN) est nulle (le TIR correspond à la $VAN=0$). » (Quelques notions financières de base, 2015).

4.4 Prix du kWh

Le prix général du kWh utilisé dans cet audit énergétique est de 0.17.- francs selon les données fournies par Sierre-Energie (Sierre-Energie SA, 2014).

5 Situation initiale

A l'heure où les changements climatiques ont un impact toujours plus perceptible, le domaine des remontées mécaniques se doit d'adapter ses stratégies et son optique de développement. La modification des comportements liés aux loisirs, à la mobilité mais aussi les exigences grandissantes des clients obligent le secteur à entretenir une certaine attractivité aux yeux des touristes. En effet, les remontées mécaniques constituent un pôle de valorisation régional. Selon une étude menée par Grischconsulta, les Remontées Mécaniques Suisses employaient en 2008 près de 2800 travailleurs à l'année et 5750 saisonniers (Roland Zegg, 2010). Les estimations démontrent un total de 5500 places de travail à plein temps créées par les Remontées Mécaniques Suisses (RMS¹), sans tenir compte des emplois créés par l'infrastructure nécessaire aux touristes (hôtels, restaurants, magasins, etc...). En ce sens, l'ensemble des acteurs économiques qui permet une certaine valorisation des stations de montagnes constitue un atout majeur pour nos régions alpines. Afin de maintenir une compétitivité croissante, le domaine des RMS doit faire face, en plus des contraintes économiques et légales, à un « dilemme énergétique ». Il faut tout à la fois combattre le réchauffement climatique et satisfaire des besoins en énergie en constante augmentation. En effet, la pression des clients friands de pistes parfaitement entretenues et d'installations de transports rapides génère des attentes supplémentaires qui nécessitent bien souvent beaucoup de travail, et donc d'énergie.

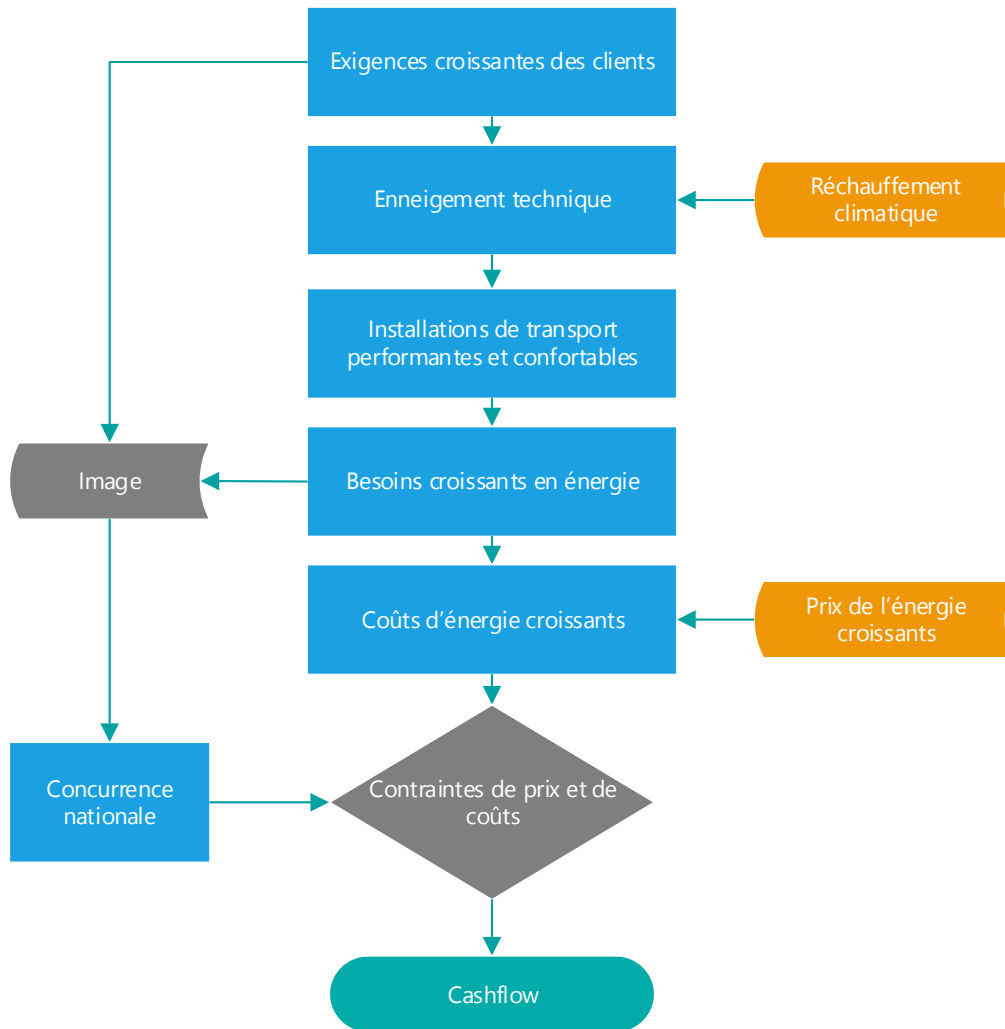
La modification structurelle rapide qui touche actuellement la branche des remontées mécaniques engendre des développements gourmands en ressources énergétiques mais aussi financières. Ces coûts supplémentaires pourront dans un premier temps se répercuter sur les clients mais à long terme, ils diminueront la marge d'autofinancement de la société. Nonobstant ces aspects financiers, les émissions de CO₂ étroitement liées aux besoins énergétiques croissants influent directement sur la notoriété et l'image de l'entreprise.

Afin de pallier à cette problématique, il est nécessaire d'intégrer la gestion de l'énergie et l'efficacité énergétique à la stratégie de développement.

¹ RMS : Remontées Mécaniques Suisses

Le processus organisationnel qui intègre les attentes clés des parties prenantes peut être schématisé ainsi :

Figure 1 Dilemme énergétique des remontées mécaniques



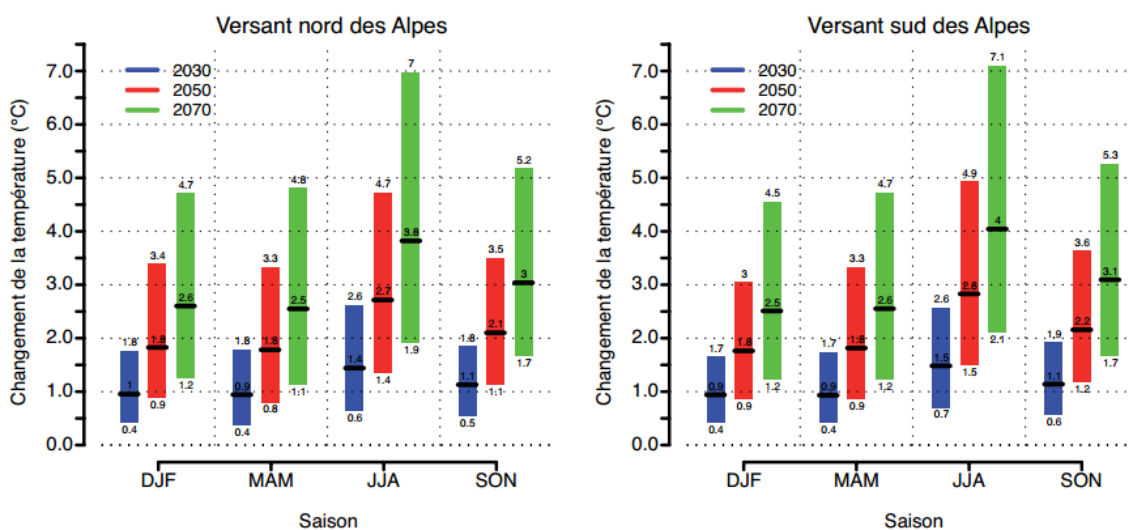
Source : (Roland Zegg, 2010, p. 20)

6 Le dilemme énergétique des remontées mécaniques

6.1 Le réchauffement climatique en Suisse

En Suisse, on reparle actuellement du dérèglement climatique qui impacte fortement les remontées mécaniques de basse et moyenne altitude. Ce n'est plus un hiver atypique qui inquiète les stations, mais c'est clairement une tendance à plus long terme qui s'installe. A titre d'exemple, la station vaudoise « La Dôle », située à 1200 mètres, a dû licencier son personnel permanent pour la première fois cette année. Au mois de février 2015, ses jours d'activités se sont montrés dix fois inférieurs en comparaison à sa moyenne habituelle (10 jours d'activités cette année contre 90 à 105 habituellement). La faute au réchauffement climatique. La température moyenne en Suisse a augmenté depuis 1900 de 1.5 degrés, ce qui représente environ 30% de neige en moins. Concernant les stations de moyenne altitude, cette augmentation de la température représente une diminution de 30% de l'enneigement en à peine 35 ans. Cela ne signifie pas que ce type de stations doit cesser son activité mais que les bonnes conditions se feront de plus en plus rares. Cependant, à long terme et si la tendance se confirme, l'avenir de ces stations reste bancal (RTS, 2015).

Figure 2 Changements de température vers 1990



Source: (Swiss Academy of Sciences, 2007, p. 17)

Selon l'illustration ci-dessus, les estimations montrent une augmentation moyenne de la température d'ici à 2050 par rapport à 1990 de 1.8 °C en hiver et de 2.7 °C en été pour le flanc nord des Alpes et de 1.8 °C en hiver et de 2.8 °C en été au sud de la Suisse (Swiss Academy of Sciences, 2007, p. 17). Concernant les précipitations, la situation est aussi très semblable pour les deux versants. Toutes saisons confondues, la différence entre les régions n'est que de quelques centimètres. Jusqu'en 2050, les estimations prévoient une augmentation des précipitations de 10% en hiver mais une diminution de 20 % en été. Durant le printemps et l'automne, les prévisions sont caractérisées par leur variabilité et sont donc difficilement prévisibles. La situation semble similaire pour les saisons estivales (Swiss Academy of Sciences, 2007, p. 19). Grâce à sa topographie, la Suisse bénéficiera cependant d'une garantie d'enneigement plus élevée que ses pays voisins. Toutefois, en cas de fort réchauffement climatique (2°C), il faudrait s'attendre à une diminution de 20% de l'enneigement des domaines skiables (Roland Zegg, 2010, p. 22).

Afin de maintenir un niveau d'enneigement acceptable et de contrer les effets de ce réchauffement, les remontées mécaniques s'appuient sur un paquet de mesures technologiques et comportementales (Roland Zegg, 2010, p. 22):

- Enneigement technique
- Mesures pour la préparation des pistes
- Déplacement des pistes de ski vers des domaines plus élevés, sur des flancs nord ou des glaciers
- Protection des glaciers (recouvrement, bâches synthétiques, protection solaire)
- Diversification des recettes (offres estivales)

Certaines de ces mesures sont malheureusement susceptibles d'augmenter la consommation d'énergie en cas de réchauffement climatique.

6.2 Exigences des clients

Une étude menée par l'entreprise Manova en Autriche montre que sur 40'000 skieurs en Allemagne et en Autriche, les trois facteurs décisionnels les plus importants sont respectivement (Seilbahn.net, 2010) :

- La garantie des conditions d'enneigement – 41%

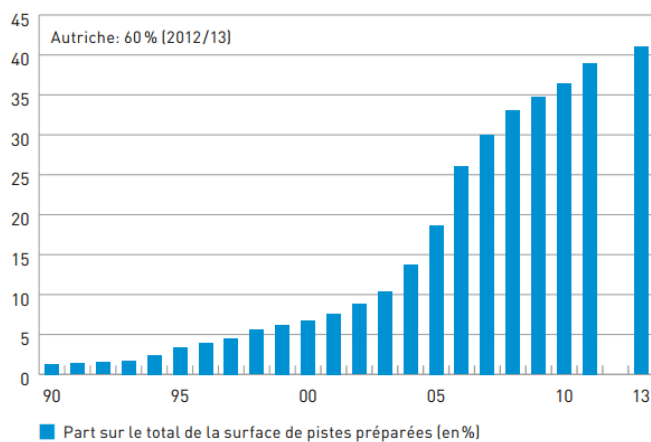
- La taille de la station – 40%
- Pistes de ski (temps d'attente, difficulté, diversité) – 39%

En Suisse, les enquêtes menées sur les consommateurs révèlent que les clients se basent tout d'abord sur la taille du domaine skiable, deuxièmement sur la diversité des pistes et finalement sur les équipements d'enneigement. Si l'on en croit les tendances relevées par l'enquête menée, les exigences des clients semblent de plus en plus élevées. En effet, bien que des pistes à enneigement naturel soient en général tout à fait acceptables, la tendance actuelle confirme désormais la nécessité d'offrir un domaine skiable entièrement enneigé et damé à la perfection. L'utilisation de téléskis était elle aussi usuelle, alors qu'aujourd'hui les télésièges débrayables sont devenus une commodité aux yeux des touristes. Le dernier point soulevé par l'étude met l'accent sur le temps d'attente au départ mais également la durée du trajet. (Roland Zegg, 2010, p. 24)

6.3 Développement en montagne

En conséquence aux exigences grandissantes des clients, les remontées mécaniques ont dû adapter et développer non seulement leurs installations d'enneigement artificiel mais aussi leurs installations de transports (téléskis, télésièges). Actuellement, plus d'un tiers des pistes en Suisse peuvent être enneigées de manière artificielle. Si l'on établit une comparaison avec les pays voisins tels que l'Autriche ou l'Italie, la proportion des surfaces skiables pouvant être enneigées artificiellement reste nettement inférieure. Il est toutefois nécessaire de mentionner que le domaine skiable de ces stations se situe à une altitude plus basse.

Figure 3 Proportion des pistes enneigées techniquement sur le total des surfaces de pistes préparées en Suisse (en %)



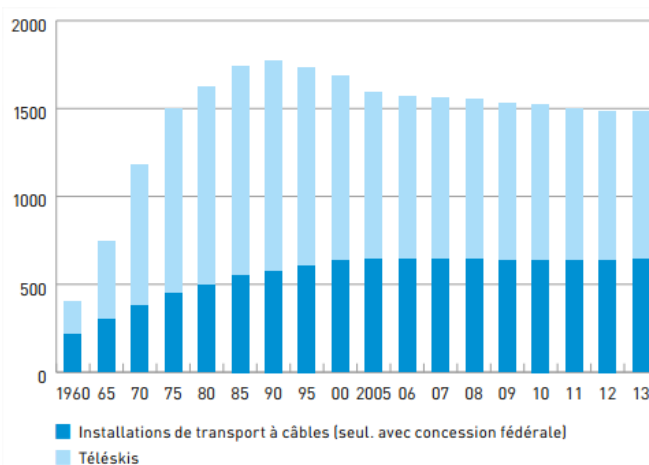
Source : (Remontées Mécaniques Suisses, 2014, p. 14)

La graphique ci-contre est en parfaite corrélation avec les exigences croissantes des hôtes. Les données recensées (allant de 1990 à 2013) montrent une nette tendance à la hausse de la proportion des pistes enneigées. La nette progression dès 2004 peut être en partie expliquée par les progrès techniques réalisés dans ce

type d'installations (meilleurs rendements) mais également des hivers souvent plus chauds et plus secs. En outre, l'enneigement technique en Suisse permet de prolonger la durée d'exploitation des installations et d'offrir aux hôtes des conditions favorables et une sécurité accrue. Durant la saison 2012-2013, près de 41% (soit 92 km²) des pistes damées ont été enneigées artificiellement, ce qui confirme la nécessité de ces infrastructures. Par rapport à nos voisins, la proportion d'enneigement artificiel suisse reste relativement faible, à savoir 60% en Autriche (2012/13) et 70% en Italie (2007/08) contre 41% en Suisse (Remontées Mécaniques Suisses, 2014, p. 14).

Conformément au graphique, le nombre d'installations de transport à câbles est en léger déclin depuis plus de 25 ans. En effet, bon nombre de téléskis ont été démontés ou remplacés par des installations à mouvement continu (télésièges) (Roland Zegg, 2010, p. 24). Une fois encore, l'adaptation des installations aux exigences des clients force les remontées mécaniques à changer leurs moyens de transports par des installations, certes plus coûteuses, mais plus confortables et plus rapides. Selon le rapport effectué par les Remontées Mécaniques Suisses, ce remplacement massif d'installations a engendré une augmentation des personnes transportées de 64% entre 1996 et 2006 et une augmentation de 82% pour la capacité de transport.

Figure 4 Développement du nombre d'installations de transport



Source : (Remontées Mécaniques Suisses, 2014, p. 4)

Conséquemment, les hôtes jouissent de remontées plus rapides et plus performantes, ce qui influe directement sur la densité de fréquentation du domaine skiable. Par déduction, on peut émettre l'hypothèse que si les clients passent moins de temps sur les remontées, ils peuvent skier plus sur un laps de temps plus court. Ainsi, les skieurs se fatiguent plus rapidement et le temps passé au restaurant peut augmenter sensiblement (Roland Zegg, 2010, p. 26).

6.4 Conséquences

Qu'en est-il de l'objectif même des sociétés de remontées mécaniques ? Il ne faut pas oublier que leur mission principale reste le transport de personnes sur un dénivelé plus ou moins important. En considérant le développement des installations en adéquation avec les exigences des clients en plus d'autres prestations de services, l'évolution de la consommation d'énergie des remontées mécaniques augmente sans cesse. Les principaux acteurs gourmands sont généralement les installations de transports plus confortables, les dameuses, l'enneigement artificiel, la restauration mais encore le développement récent de systèmes de gestion informatisés (Roland Zegg, 2010, p. 49).

Afin de contrôler cette croissance de consommation, la mise en place d'un management énergétique permettra aux sociétés d'optimiser non seulement leur consommation d'énergie mais également de réduire leurs charges financières. En basant leur management sur des analyses de consommation annuelle et sur l'optimisation de l'utilisation des installations, les petites sociétés comme Télévercorin SA seront préparées à relever les défis énergétiques de ces prochaines décennies.

7 Bilan énergétique de Télévercorin SA

7.1 Définition de la base de calculs

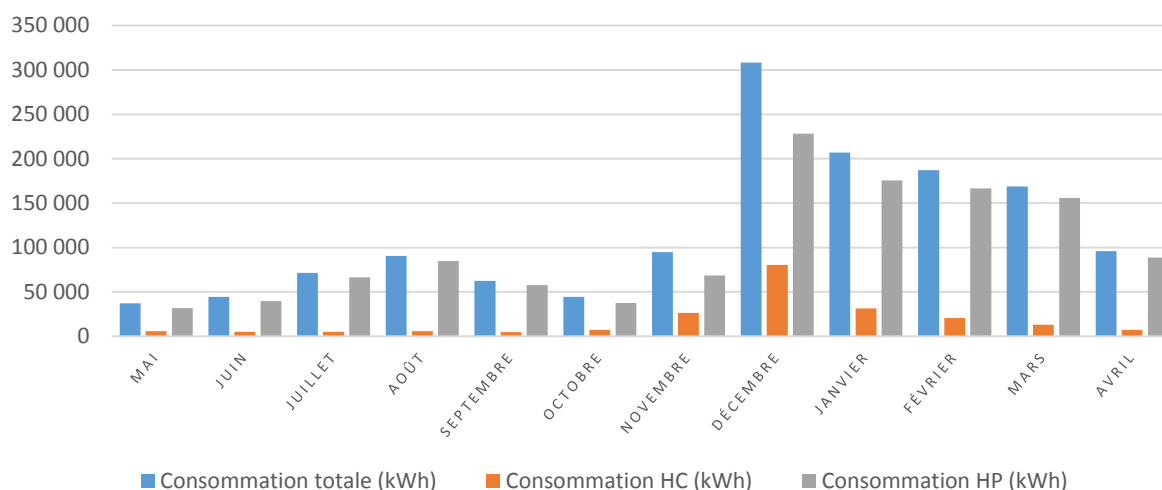
Les calculs concernant la consommation en kWh ont été effectués sur une année civile normale (1^{er} janvier au 31 décembre 2013) en raison de la granulométrie des données fournies par Sierre-Energie SA. Toutefois, la consommation totale entre 2013 et 2014 ne varie pas plus de 5% (Glassey, 2015).

Les calculs financiers sont basés sur la durée de l'exercice comptable de Télévercorin SA, soit du 1^{er} mai au 31 avril 2013 afin de préserver une certaine cohésion entre les chiffres du rapport annuel et les analyses financières effectuées.

7.2 Consommation électrique annuelle (saison 2013-2014)

Afin d'avoir un point de vue global de la consommation électrique de la société, le graphique ci-dessous présente la consommation totale par mois pour l'année 2013-2014.

Figure 5 Consommation électrique 2013-14 en kWh



Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2015)

Ce graphique illustre la consommation électrique mensuelle en kWh selon trois critères : la consommation totale, la consommation durant les heures pleines et la consommation durant les heures creuses. Les différences de consommation sont en parfaite corrélation avec les variations saisonnières d'activités : le graphique montre que la période d'exploitation la plus intense s'étend de mi-novembre à fin mars pour une consommation moyenne d'environ 200'000 kWh par mois. L'activité usuelle de la branche s'effectue durant les heures

d'ouverture standard, c'est-à-dire d'environ 8h00 à 16h30² et par conséquent, l'essentiel de la consommation se facture au tarif le plus haut (heures pleines) (Sierre-Energie SA, 2015), soit 85% au tarif HP, et seulement 15% au tarif HC. Le pic de consommation au mois de décembre s'explique par un enneigement artificiel massif afin de combler le manque d'enneigement de début de saison. Il est intéressant de constater que le mois de décembre relate également une consommation HC relativement haute par rapport au reste de l'année. Cette hausse de consommation est essentiellement liée à l'utilisation des installations d'enneigement pendant la nuit.

La consommation de l'année 2013-14 s'élève à 1'200'068 kWh, dont 60,5% (725'782 kWh) utilisés durant la « haute saison »³. En termes financiers, cela se traduit par une charge de 230'000 CHF pour l'exercice analysé, soit 11% du total des charges et 61 % du total des charges énergétiques. Selon l'étude faite par les RMS « la part des coûts d'électricité oscille entre 16% et 100% des coûts énergétiques totaux, pour les remontées mécaniques suisses, ils s'élèvent à environ deux tiers » (Roland Zegg, 2010, p. 50). Avec 61%, Télévercorin SA se place alors dans la moyenne suisse. Etant donné les investissements récents dans la société (remplacement de la télécabine en 2012), les données et chiffres analysés s'étalent de 2013 à aujourd'hui.

Tableau 1 Charges relatives à l'exercice 2013-14

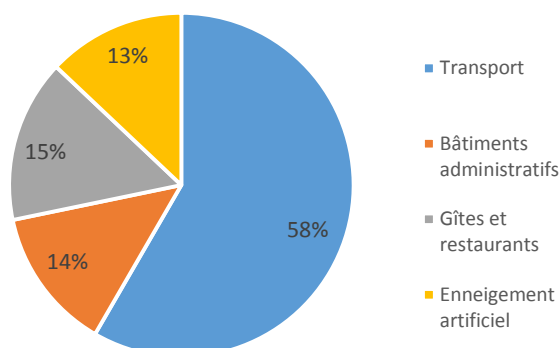
	Montant CHF			
Charge électriques	230'109.75 fr.	61%	des charges énergétiques	6% du CA
Charges énergétiques	376'566.00 fr.	11%	des charges totales	10% du CA
Total Charges	3'413'775.00 fr.			95% du CA
Total CA	3'588'144.00 fr.			

Source : Données de l'auteur et (Remontées Mécaniques d'Anniviers & Vercorin, 2014)

² Selon les tarifs en vigueur 2015, les heures creuses (HC) s'étalent de 22h à 6h, les heures pleines (HP) de 6h à 22h.

³ La haute saison s'étend de décembre à mars

Figure 6 Besoin d'électricité de Télévercorin SA



Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)

(15%) ainsi que les bâtiments administratifs (14%) ont un impact bien plus faible (les détails des calculs sont disponibles à l'annexe IV). La comparaison avec la moyenne suisse montre que les besoins des transports se montent à 55%, 32% pour l'enneigement artificiel, 13% pour la restauration et services (Roland Zegg, 2010, p. 51). Conséquemment, Télévercorin SA se situe dans la moyenne suisse, à l'exception des dépenses liées à l'enneigement artificiel. En effet, la partie supérieure du domaine skiable (Mont-Major, Cabanon, Tracuit) bénéficie d'un enneigement naturel suffisant. Ainsi, en considérant l'étendue du système d'enneigement artificiel (il ne couvre pas l'entièreté du domaine skiable supérieur) une consommation plus faible relative à la production de neige semble tout à fait normale et explique en partie la différence relevée de 19% comparativement à la moyenne suisse.

7.2.1 Charges liées aux pics de puissance

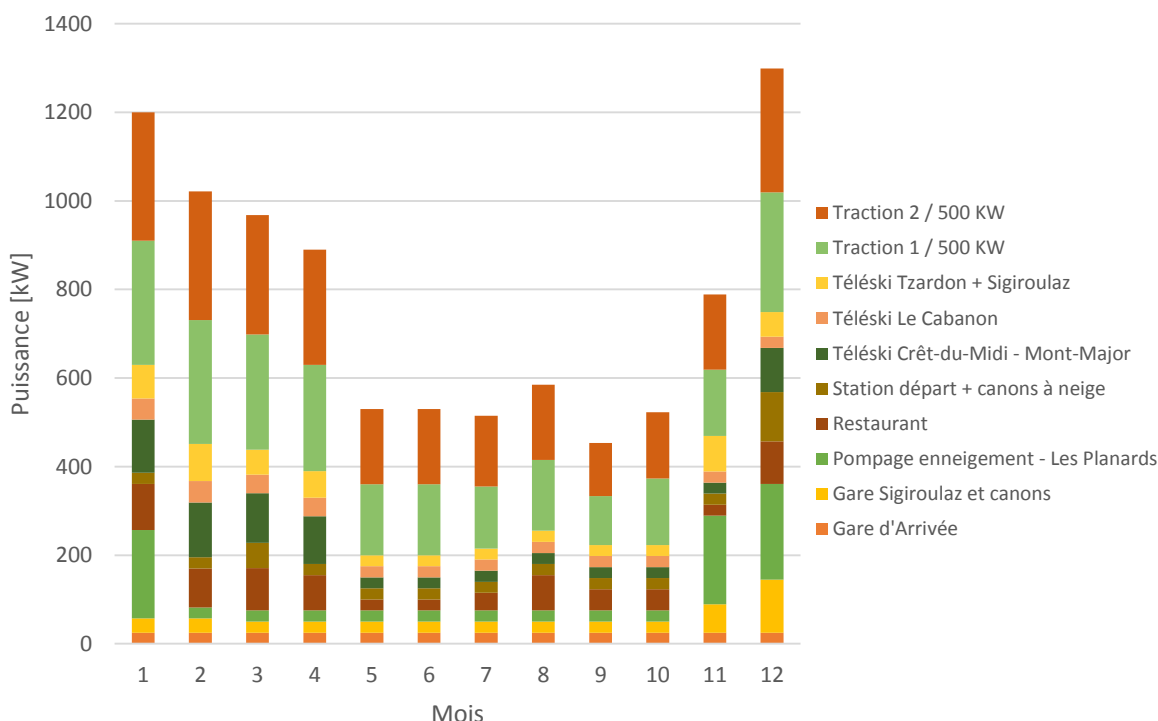
L'étude menée par les RMS montre que « Le poste de dépenses le plus important concerne cependant les pics de puissance qui engendrent quelque 42% des coûts d'électricité globaux. Seuls 54% des coûts énergétiques correspondent à une énergie effective active » (Roland Zegg, 2010, p. 51). L'analyse des pics de puissance pour Télévercorin SA relate des chiffres moins alarmants, seuls 16% des coûts d'électricité concernent les pics de puissance. Le

⁴ La consommation en [kWh] de certains acteurs est fusionnée sur un seul compteur. Pour pallier ce problème, une pondération a été définie (cf annexe IV) afin de pouvoir affecter les consommateurs à leur catégorie.

kilowatt de puissance est facturé à 4 francs selon les factures de Sierre-Energie (Sierre-Energie SA, 2014).

16%, soit 37'000 francs sont dépensés dans la taxe liée aux pics de puissance ce qui signifie que 74% des coûts énergétiques correspondent à une énergie consommée. Selon les chiffres relatifs à l'annexe V, seuls 10 consommateurs sur 15 génèrent ce type de charges. Le graphique suivant montre les pics de puissance générés par mois durant l'année 2013.

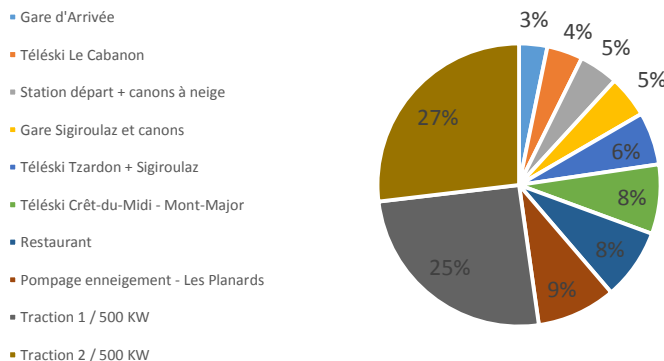
Figure 7 Pointe de puissance générée par consommateur par mois



Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)

A noter que la station de pompage reflète une puissance consommée de 25 kW durant le mois de février à octobre, alors qu'aucune consommation ne devrait apparaître. Les moteurs de la télécabine génèrent 52% de la puissance taxée.

Figure 8 % de puissance taxée par installation



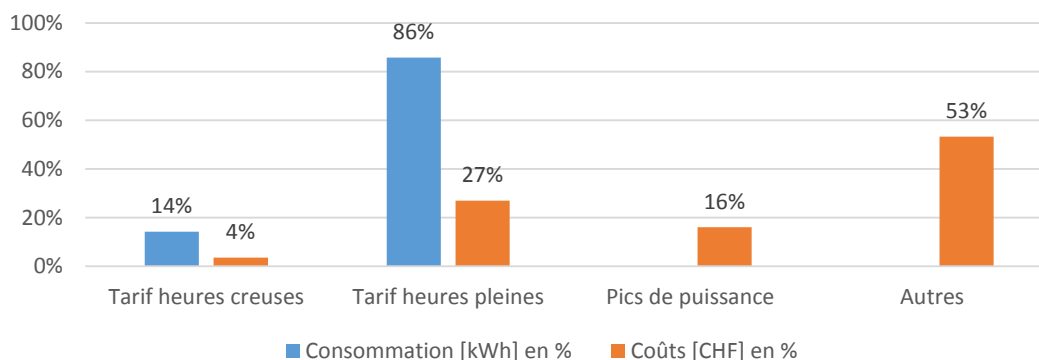
La réduction de ces pics de puissance, c'est-à-dire un lissage de la courbe de charge, entrainerait des frais relatifs bien moindres. La linéarisation de la courbe de consommation

Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)

de chaque consommateur (une DUP⁵ plus linéaire) nécessite une étude détaillée afin de détecter les failles et d'optimiser la consommation.

7.2.2 Récapitulatif de la consommation d'énergie

Figure 9 Structure et coûts de la consommation électrique 2013 de Télévercorin SA



Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)

La structure de consommation d'énergie électrique de la société peut être divisée en 4 catégories distinctes : tarif heures creuses, tarif heures pleines, la taxe de puissance et les autres coûts qui sont liés à l'acheminement⁶, les redevances communales (PCP) et les redevances fédérales. Comme vu précédemment, l'essentiel de la consommation se fait durant les heures pleines et représente 27% des charges électriques et 86% de la consommation totale. Le montant des taxes liées aux pics de puissance représente quant à lui 16% du total des coûts alors que les autres taxes représentent 53%. Les calculs ont été effectués sur la base suivante (détails disponibles en annexe VI) (Sierre-Energie SA, 2014):

- Fourniture énergie heures pleines : 0.053 fr. par kWh
- Fourniture énergie heures creuses : 0.042 fr. par kWh
- Fourniture de puissance : 4.00 fr. par kW
- Autres charges : par différence

⁵ DUP : durée d'utilisation de la puissance

⁶ L'acheminement n'est pas un montant forfaitaire, mais dépend de la quantité d'énergie consommée.

Nous voyons que les autres charges constituent (53%) une part importante dans le total des charges. Selon l'analyse faite, seuls 47% (107'000 fr. sur un total de 230'000 fr.) des charges payées correspondent au montant de la fourniture d'énergie alors que les taxes d'acheminement et redevances constituent l'autre moitié.

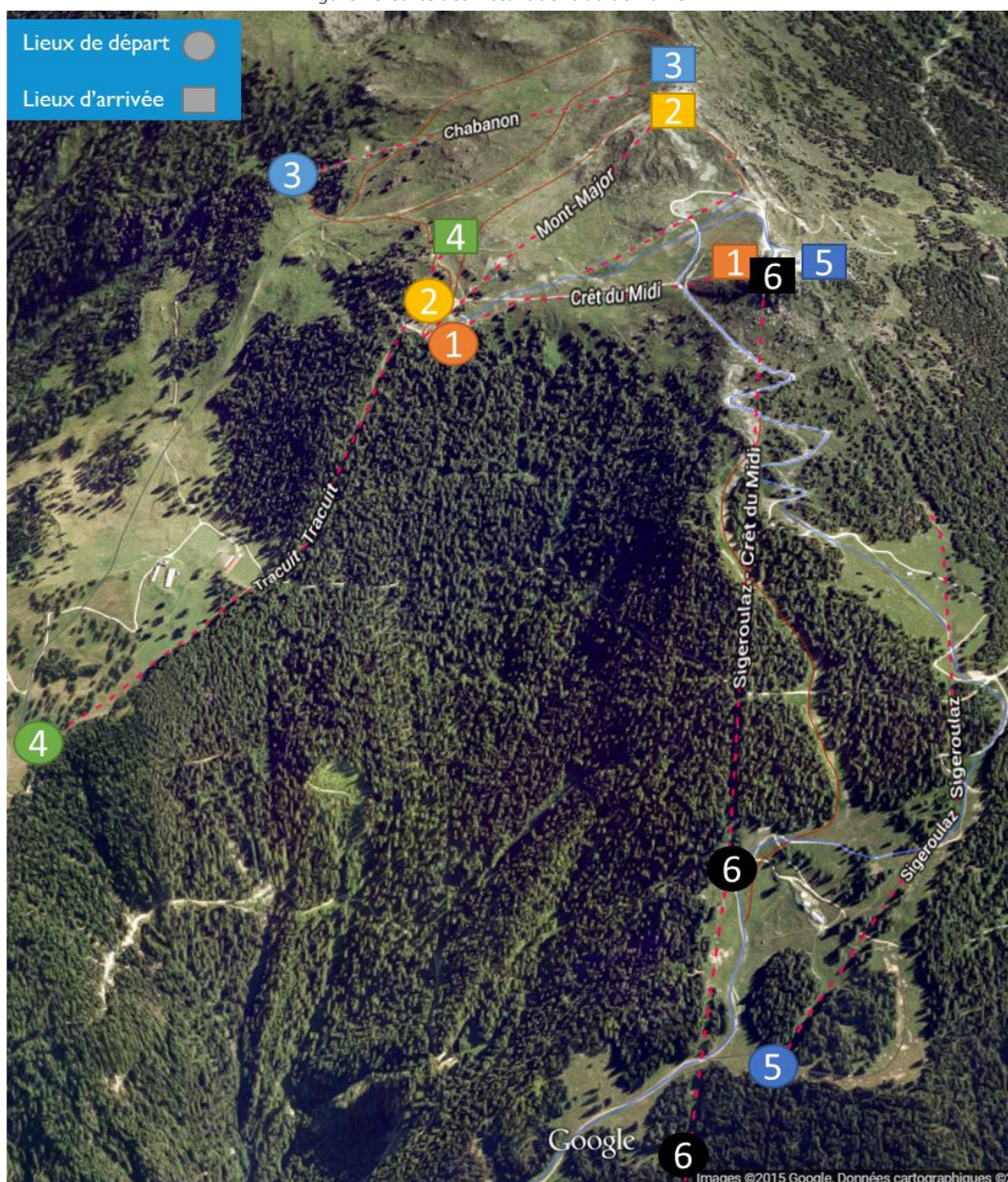
Les 16% relatifs à la taxe de puissance représentent tout de même la moitié des coûts liés à la consommation d'énergie durant les heures pleines. Bien que difficile à réaliser, un lissage de la courbe de puissance s'avérerait certainement rentable en mobilisant des moyens techniques adéquats.

7.3 Inventaire et consommation des installations de transport

7.3.1 Inventaire

Afin de garantir une qualité d'enneigement et des conditions de ski optimales sur les 35 kilomètres de pistes, la société dispose d'un parc machines et installations relativement large. Les caractéristiques ainsi que l'emplacement géographique des principales installations sont définies ci-dessous. La liste exhaustive se trouve dans l'annexe II :

Figure 10 Carte des installations du domaine



Source : Données de l'auteur et (Google Maps, 2015)

Tableau 2 Caractéristiques des différents téléskis

Données techniques	TK.Crêt (1)	Mt. Major (2)	Tk. Cabanon (3)	Tk. Tracuit (4)
Année de mise en service	1973	1974	1990	1975
Dernière modification	2003	1998	-	-
Longueur inclinée	743 m.	681	898 m.	1370 m.
Dénivellation	160 m.	176	242 m.	384 m.
Vitesse max.	3.5 m/s.	3.5 m/s.	3.6 m/s.	3.8 m/s.
Débit pers./h.	840	760	900	800
Moteur : P. installée	44 KW.	44 KW.	74 KW.	92 KW.

Source : (Télévercorin SA, 2015)

Le télésiège du Crêt-du-Midi (1) est certainement l'installation la plus utilisée par les skieurs. Il permet non seulement de remonter la piste principale mais est aussi le seul télésiège permettant de revenir de la partie du domaine située à l'ouest et offre aux utilisateurs l'accès direct au restaurant. Construit en 1973, il a été rénové en 2003 afin de garantir un débit suffisant et ainsi éviter un engorgement au départ du télésiège. Le télésiège du Mont Major (2) quant à lui permet d'atteindre le point culminant du domaine (2369 mètres) et ouvre l'accès aux pistes menant soit au télésiège du Cabanon (3), soit au télésiège de Tracuit (4) en empruntant la piste noire. Ces trois derniers téléskis possèdent des caractéristiques similaires en termes de vitesse maximale (environ 3.6 m/s.) et de débit à l'heure (environ 800 personnes à l'heure) mais sont équipés d'une motorisation différente. La motorisation du télésiège du Cabanon (3) est d'une puissance installée 74 kW, soit près du double des deux premiers téléskis, étant donné le dénivelé et la longueur inclinée (respectivement 242 mètres et 898 mètres) plus élevés. Pour des raisons similaires, le télésiège de Tracuit (4) possède un moteur d'une puissance installée de 92 kW.

Tableau 3 Données techniques des installations

Données techniques	TC. Vercorin – Sigeroulaz - Crêt du Midi (6)	Tk. Sigeroulaz (5)
Année de mise en service	2012	1981
Longueur inclinée	2881	1770 m.
Dénivellation	1004	529 m.
Vitesse max.	6 m/s.	3.6 m/s.
Débit pers./h.	1200	600
Moteur : P. installée	2 X 500 KW	110 KW.
Type de moteur	2 X asynchrone	à bagues

Source : (Télévercorin SA, 2015)

Le télésiège de Sigeroulaz (5) permet de relier l'intermédiaire au Crêt-du-Midi. Le dénivelé (529 mètres) et la longueur inclinée (1770 mètres) étant importants, la puissance installée du moteur de 110 kW est sensiblement plus élevée que le télésiège de Tracuit. L'arrivée des nouvelles télécabines a incité une partie des skieurs à délaisser cette installation au profit des cabines plus confortables et plus rapides, permettant ainsi de fluidifier et de réguler l'attente au télésiège de Sigeroulaz.

Les nouvelles télécabines permettent désormais de faire le trajet (longueur inclinée de 2881 mètres pour un dénivelé de 1004 mètres) en environ 10 minutes alors que l'ancienne installation mettait plus de 20 minutes pour relier la gare de départ à Vercorin au Crêt-du-Midi. Le temps de trajet a été calculé ainsi :

- Vitesse moyenne durant l'hiver : 5 mètres par seconde (Glassey, 2015)
- Longueur inclinée : 2881 mètres (Télévercorin SA, 2015)
- Durée du trajet : $5 \text{ m. /sec.} \times 60 \text{ sec.} = 300 \text{ mètres par minutes, soit 9.6 minutes}$

Les deux moteurs asynchrones d'une puissance de 500 kW chacun situés à la gare intermédiaire de Sigeroulaz permettent, à l'aide des 41 cabines (Télévercorin SA, 2015), un débit théorique de 1200 personnes par heures. Outre le changement des télécabines, toute l'infrastructure

Figure 11 Installation intermédiaire - Sigeroulaz



Source : (Bergbahnen, s.d.)

relative à l'exploitation a également été renouvelée. Les gares de départ, de l'intermédiaire et d'arrivée ont également subi de grands changements optimisant ainsi le flux de personnes.

Les spécificités techniques du petit télésiège du Chardon ainsi que les trois télésisges du Creux du Lavioz ne sont pas mentionnées étant donné l'impact énergétique négligeable par rapport à l'ensemble des installations. Ces informations sont cependant disponibles dans l'annexe 1.

7.3.2 Consommation des installations

Les installations en place (télésisges et télécabine) ont consommé durant l'année 2013 plus de 800'000 kWh, soit 58% de la consommation électrique totale. Les 2 moteurs installés

fonctionnent de manière synchronisée et fournissent des puissances à peu près identiques. L'énergie nécessaire au fonctionnement des cabines se monte à 760'000 kWh, soit 85% de la consommation électrique des installations.

Moteurs télécabine = **85%** de la consommation électrique des transports

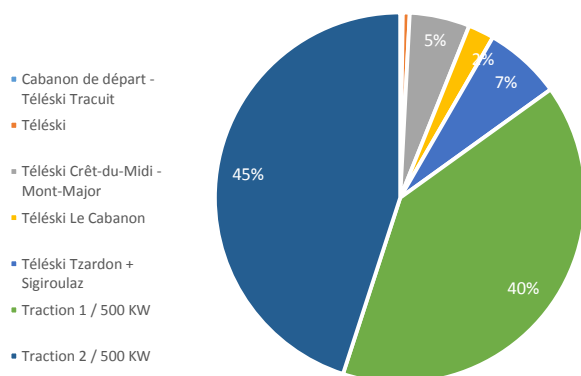
A noter que certains téléskis sont regroupés sur un seul et même compteur. Ainsi, le télésiège du Crêt-du-Midi, Mont-Major et Tracuit ont consommé 42'000 kWh. En se basant sur la consommation du Cabanon (mesure spécifique) et son dénivelé, on peut estimer la consommation individuelle moyenne pour chaque télésiège.

Tableau 4 Consommation des installations

Installations	Consommation totale [kWh]
Cabanon de départ - Télésiège Tracuit	1'769
Télésiège Creux du Lavioz	4'825
Télésiège Crêt-du-Midi - Mont-Major - Tracuit	42'020
Télésiège Le Cabanon	18'114
Télésiège Tzardon - Sigeroulaz	53'848
Traction 1 / 500 KW	319'460
Traction 2 / 500 KW	360'090
Total général	800'126

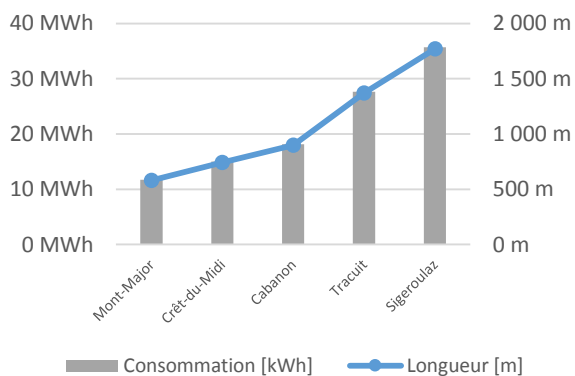
Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)

Figure 13 Consommation des installations



Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)

Figure 12 kWh consommés par téléskis en rapport avec leur longueur (hypothèse)



Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)

La figure 15 expose la corrélation entre le dénivelé et la consommation des téléskis. Il faut cependant souligner que ces consommations sont extrapolées étant donnée la granulométrie des données fournies par Sierre-Energie SA.

7.4 Efficacité énergétique de la télécabine

Afin de situer la performance de l'installation, l'étude faite par les remontées mécaniques suisses montre que le coefficient d'efficacité d'une installation est dépendant de l'énergie utilisée qui elle-même dépend des facteurs suivants (Roland Zegg, 2010, p. 56) :

- « Le taux d'utilisation de l'installation
- Les pertes de transmission (efficacité du moteur, mécanisme de l'installation)
- L'infrastructure (les commandes, le chauffage, éclairage)
- La résistance de friction, d'usure et de l'air »

Le coefficient d'efficacité théorique utilise les données théoriques optimales, c'est-à-dire caractéristiques techniques de la télécabine de Télévercorin SA en situation idéale.

Coefficient d'efficacité théorique [%] ⁷:

$$= \frac{\text{Capacité } \left[\frac{P}{h} \right] * \text{Hauteur [m]}}{4600 [P s^3 / (h kg m)] * \text{puissance motrice [kW] mesurée}}$$

Le coefficient d'efficacité énergétique quant à lui, dépend essentiellement du taux de fréquentation de l'installation. Plus ce dernier est élevé, meilleur sera le rendement. Contrairement au coefficient théorique, il est nécessaire de connaître la consommation de l'installation durant une période donnée.

Coefficient d'efficacité énergétique [%] :

$$= \frac{\text{Fréquentation [P] * Hauteur [m]}}{4600 [P/h s^2)/mkg s/h] * \text{consommation électrique [kWh]}}$$

En appliquant ces coefficients aux données réelles relatives à la télécabine de Vercorin pour l'année 2013, les coefficients sont les suivants :

⁷ 4600 [P/h s²)/mkg s/h] est le résultat de la puissance effective. Le détail du calcul est disponible en annexe VII.

Tableau 5 Coefficient d'efficacité théorique et réel des télécabines de Vercorin

	Hiver	Été
Coefficient théorique		
Capacité [P/h]		269
Hauteur [m]		1'004
Puissance motrice [kW]		380
Coefficient		15%
Coefficient efficacité énergétique		
Fréquentation [P]	250'000	21'000
Hauteur [m]	1'004	1'004
Consommation électrique [kWh]	432'670	175'320
Coefficient	13%	3%

Source : Données de l'auteur et (Télévercorin SA, 2015)

La capacité de transport est calculée selon la fréquentation hivernale et estivale et résulte des données effectives suivantes (Télévercorin SA, 2015):

- 250'524 passages totaux (dont 78'094 premiers passages) durant l'hiver 2013-14
- 20'330 passage totaux (dont 20'183 premiers passage) durant l'été 2013

Le coefficient théorique calculé montre un ratio optimal de 15% en considérant les débits de 269 personnes par heure et une puissance motrice de 380 kW (estimation faite à partir de la courbe de charge d'une semaine au mois de mars, annexe III). A titre de comparaison, l'étude menée par les RMS montre qu'une télécabine avec une capacité de transport de 280 personnes par heure, un dénivelé de 755 mètres et une puissance moteur de 440 kW, le coefficient théorique atteint les 10 % (Roland Zegg, 2010, p. 56). L'efficacité théorique de la télécabine de Vercorin est donc bonne, ce qui n'est pas étonnant pour une installation récente.

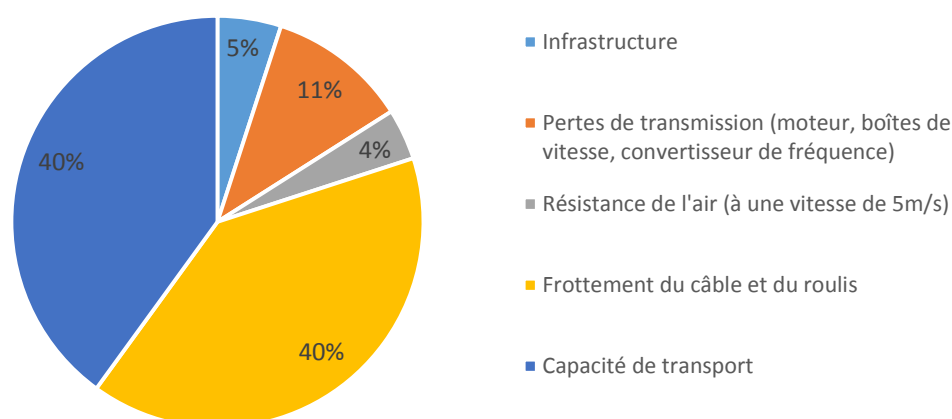
Le coefficient d'efficacité énergétique se base non seulement sur la fréquentation effective mais également sur la consommation relative à la période en question. Les calculs montrent un ratio de 13% durant l'hiver et de 3% durant l'été.

A titre de comparaison, une télécabine d'une capacité de transport de 2800 personnes par heure, un dénivelé de 755 mètres et un transport total de 600'000 passagers sur la saison hivernale consomme 520'000 kWh, ce qui correspond à coefficient d'efficacité d'environ 20% (alors que le besoin en énergie aurait dû être de 100'000 kWh) (Roland Zegg, 2010, p. 56).

7.5 Pertes liées aux frottements

Afin de comprendre le sens de ces coefficients, l'étude menée par les Remontées Mécaniques Suisse (RMS) sur un télésiège débrayable montre que « pour un taux de fréquentation de 65%, seule 40% de la puissance absorbée est utilisée pour la puissance effective de transport » (Roland Zegg, 2010, p. 57). Le graphique ci-dessous illustre les différentes sources de pertes d'énergie et peut être appliqué⁸ par analogie pour d'autres installations telles que les télécabines ou téléskis.

Figure 14 Flux énergétique d'un télésiège avec un taux d'occupation de 65%



Source : (Roland Zegg, 2010, p. 57)

Les systèmes tels que les remontées mécaniques permettent un réglage quant au fonctionnement de l'installation afin de l'adapter au mieux à la demande. Les installations à mouvement continu ne peuvent cependant pas en bénéficier mais doivent se cantonner à un réglage axé uniquement sur la réduction ou l'augmentation de la vitesse de déplacement afin d'optimiser leur consommation. Une étude menée par l'entreprise ClimatePartner montre qu'une télécabine de la société Doppelmayr⁹ (similaire à la télécabine de TéléVercoirin SA) nécessite 54% de la consommation électrique avec une charge de 15 % à la montée. Si on augmente la capacité de transport de 40% (soit 55%), la consommation d'énergie n'augmente que de 20%, soit 74%. En ce sens, il est important de réguler la vitesse et le nombre de

⁸ Seul le rapport à la résistance de l'air de 4% doit être réétudié selon le type d'installation (Roland Zegg, 2010)

⁹ Télécabine 8-MGD : vitesse 6,0 m/s ; débit 1200 p/h (Doppelmayr/Garaventa, 2015)

véhicules en fonction des besoins. (Roland Zegg, 2010, p. 58). Une optimisation du fonctionnement des télécabines permet donc une économie d'énergie non négligeable (voir chapitre sur l'optimisation du fonctionnement des télécabines).

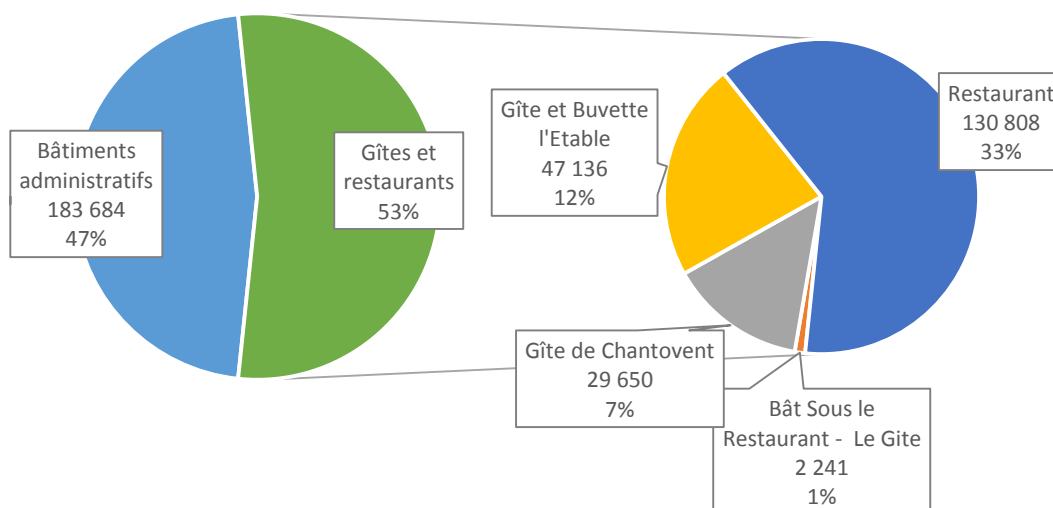
7.6 Inventaire et consommation des bâtiments

La société de Télévercorin SA possède plusieurs types de bâtiments qui peuvent être catégorisés de la manière suivante :

- les infrastructures nécessaires à l'administration et l'exploitation de la société
- les restaurants et buvettes
- Les gîtes

Le total de la consommation électrique des bâtiments administratifs et ceux relatifs aux services s'élève à 393'000 kWh pour l'année 2013, soit le 29% du total de la consommation

Figure 15 Répartition de la consommation des bâtiments



Source : Données de l'auteur & (Sierre-Energie SA, 2014)

électrique. Le graphique suivant montre la proportion de consommation entre les bâtiments administratifs (47%, 183'000 kWh) et les gîtes et restaurants (53%). Les 53%, soit 209'000 kWh, sont répartis entre les différents établissements mentionnés. Tous les gîtes disposent d'un chauffage électrique tandis que le restaurant et les bâtiments administratifs situés à Vercorin se chauffent au mazout.

Nous voyons conséquemment que le restaurant du Crêt-du-Midi consomme près de 35% (131'000 kWh) parmi les bâtiments relatifs aux services clients. La cuisine, la chambre froide,

le chauffage, tous ces éléments qui constituent un restaurant sont particulièrement énergivores et feront l'objet d'une étude approfondie afin d'en optimiser la consommation. Le gîte et la buvette de l'étable situés à Sigeroulaz (intermédiaire) qui proposent un service de restauration mais également d'hébergement durant toute l'année, consomment près de 12% (50'000 kWh) de l'énergie électrique.

Il est important de mentionner que la consommation de certains bâtiments a été estimée. En effet, les compteurs électriques installés regroupant parfois deux bâtiments (gîte et buvette par exemple), une pondération attribuant la part de consommation allouée pour un type particulier de bâtiment a été utilisée.

Tableau 6 Répartition de la consommation électrique des bâtiments

Bâtiments administratifs			
Row Labels	Sum of Consommation totale (kWh)	Consommation en kWh (pondéré)	Pondération
Gare d'Arrivée	36375	36375	1
Gare Sigeroulaz et canons	113152	96179.2	0.85
Station départ + canons à neige	60153	51'130	0.85
Grand Total	209680	183684.25	
Gîtes et restaurants			
Row Labels	Sum of Consommation totale (kWh)	Consommation en kWh (pondéré)	Pondération
Bât Sous le Restaurant - Le Gite	2241	2'241	1
Gîte de Chantevent	29650	29'650	1
Gîte et Buvette l'Etable	47'136	47'136	1
Restaurant	130'808	130'808	1
Grand Total	209835	209835	
Total Bât + Gîtes	393'519 [kWh]		
% du total consommation	29% [%]		

Source : Données de l'auteur & (Sierre-Energie SA, 2014)

Le compteur situé à la gare de Sigeroulaz (intermédiaire) regroupe la consommation des ateliers et de la salle de contrôle mais également des canons à neige et buses situés à proximité. Un coefficient de pondération de 0.85 a été déterminé en considérant l'importante consommation générée par les chauffages électriques (2 * 15 kW (Télévercorin SA, 2015)) de l'atelier situé sous le bâtiment par rapport à la faible demande en énergie relative aux canons à neige.

La pondération relative à la station de départ suit un raisonnement analogue, si ce n'est qu'il n'y a pas d'ateliers mais des locaux avec des casiers chauffés disponibles pour l'entreposage des skis de la clientèle.

7.6.1 Enveloppe thermique des bâtiments

Bâtiments avec chauffage électrique

La granulométrie des données fournies par Sierre-Energie ne permet pas de définir clairement la consommation du chauffage électrique des principaux bâtiments. En ce sens, les dépenses électriques durant les heures creuses ont été définies comme celles liées au chauffage.

Tableau 7 Consommation électrique en MJ par m2 des principaux bâtiments

Bâtiments	Consommation totale [kWh]	Consommation HC [kWh]	Charges annuelles [CHF]	Surface [m2]	[MJ/m2]
1. Gîte de Chantovent (rénovation 2005)	29'650	9'710	1 650,70 fr.	115	303,97
2. Buvette l'Etable (année 90)	47'136	12'565	2 136,05 fr.	105	430,80

Source : (Sierre-Energie SA, 2014) & (Swisstopo, s.d.)

A noter que le manque d'informations concernant les surfaces du Gîte de Chantovent et de la Buvette de l'Etable a nécessité quelques estimations.

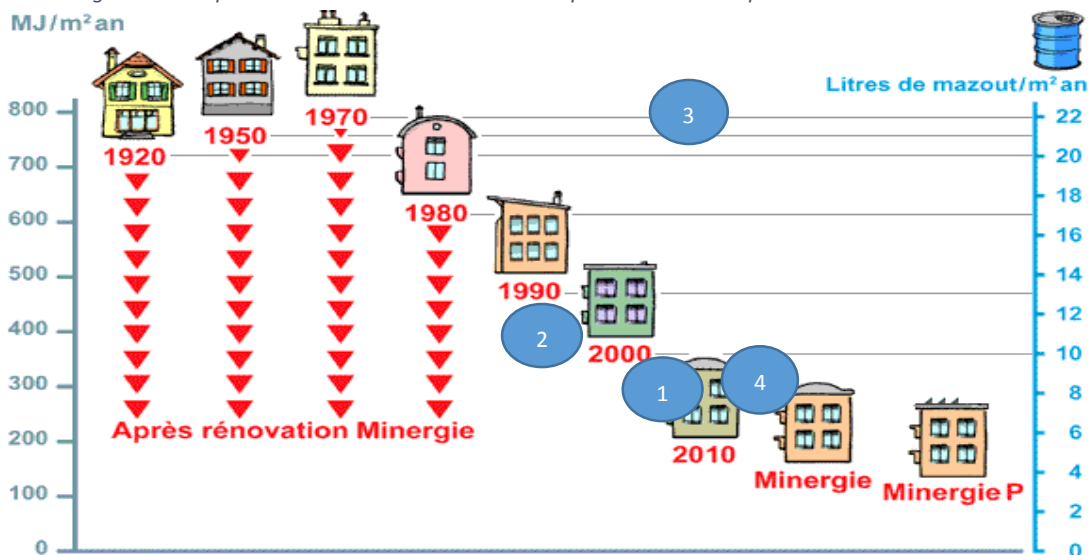
Bâtiments avec chauffage à mazout

Tableau 8 Consommation de mazout par m2 des principaux bâtiments

Bâtiments	Consommation mazout [litres]	Surface [m2]	[Litres/m2]
3. Restaurant (2005)	21'485	926	23,20
4. Station de départ (2012)	3'564	410	8,69

Source : (Télévercorin SA, 2015) & (Swisstopo, s.d.)

Figure 16 Comparaison des consommations électriques et de mazout par mètre carré selon les standards



Source : (Energie-environnement, s.d.) & données de l'auteur

1 Le gîte de Chantovent semble avoir une consommation électrique moyenne en adéquation avec les ordres de grandeur donnés par les standards minergie. Cependant, le gîte n'étant pas exploité annuellement, la dépense électrique de 300 mégajoule par mètre carré est sous-estimée. Si l'on estime l'exploitation à 60 jours par année :

- $9710 \text{ kWh HC} / 60 = 162 \text{ kWh/jour}$
- $162 \text{ kWh} * 365 \text{ jours} = 59000 \text{ kWh} \rightarrow 1840 \text{ MJ/m}^2$
- La consommation est deux fois supérieure à un bâtiment de 1920. Cependant, les charges relatives sont tellement faibles qu'il ne serait pas rentable d'effectuer des rénovations d'autant plus qu'il s'agit de comparaisons entre la plaine et la montagne.

2 La Buvette de l'étable se situe également dans la moyenne. L'exploitation étant plus élevée que le Gîte de Chantovent, la dépense électrique de 430 mégajoules par mètre carré semble également sous-estimée, mais dans une moindre mesure. Une extrapolation similaire au gîte élèverait la consommation électrique à plus de 800 mégajoules/m².

3 Le restaurant du Crêt-du-Midi montre une consommation de 23 litres par mètre carré, soit 2,5 fois plus qu'un ménage standard. La surface et les conditions météorologiques étant complètement différentes, ce facteur 2,5 peut être considéré comme normal.

4 La station de départ à Vercorin consomme environ 8 litres par mètre carré. L'enveloppe thermique du bâtiment est donc tout à fait acceptable.

7.6.2 Analyse financière des bâtiments destinés à la restauration

Selon une étude menée par l'OFEN et l'hôtellerie suisse en 2006, « l'hôtel suisse moyen dépense environ 3% de son chiffre d'affaires, c'est-à-dire environ 50'000.- francs pour l'énergie » (Roland Zegg, 2010, p. 63).

Les conditions climatiques de haute altitude impactent fortement le bilan énergétique de telles infrastructures. C'est pourquoi l'exploitation d'un restaurant de montagne peut avoir un besoin en chauffage supérieur de 50 à 100% par repas ou par employé durant la saison hivernale (Roland Zegg, 2010, p. 63).

Tableau 9 Pourcentage des coûts énergétiques par rapport au chiffre d'affaires

Restaurant Crêt-du- Midi		
fr.	20 279.65	Charges électriques
fr.	26 301.45	Charges Mazout (chauffage)
fr.	46 581.10	Total charges énergétiques
fr.	843 214.15	Chiffre d'affaires 2013
	6%	Coûts énergétiques par rapport au CA

Source : Données de l'auteur et (Télévercorin SA, 2015)

Considérant son chiffre d'affaires 2013 par rapport au total des charges énergétiques, le restaurant obtient un ratio de 6%, ce qui est considéré comme « trop élevé » selon la moyenne des restaurants (Hotelleriesuisse, 2010, p. 16).

Tableau 10 Pourcentage des coûts énergétiques par rapport au chiffre d'affaires

Buvette de l'étable		
fr.	7 098.20	Charges électriques (y.c. chauffage)
fr.	-	Charges Mazout
fr.	7 098.20	Total charges énergétiques
fr.	269 558.10	CA
	3%	Coûts énergétiques par rapport au CA

Source : Données de l'auteur et (Télévercorin SA, 2015)

La Buvette de l'Etable montre un ratio de 3% qui est considéré comme « moyen ». A noter qu'une faible partie du total de charges électriques est allouée au gîte situé à proximité.

7.6.3 Comparaison de la consommation électrique selon les normes de l'hôtellerie suisse

Selon l'étude menée par l'Hôtellerie Suisse, l'indice de dépense d'énergie pour un restaurant avec cuisine incluse (bâtiment datant de 2009) s'élève à 199 kWh/m² pour la chaleur¹⁰ et 216 kWh électriques par mètre carré (Hotelleriesuisse, 2010, p. 24).

Le restaurant d'altitude du Crêt-du-Midi a une consommation plus faible, s'élevant à 141 kWh électriques par mètre carré. Les litres de mazout utilisés par mètre carré pour le chauffage équivalent à 247 kWh/m² alors que la moyenne se situe à 199 kWh/m². La buvette de l'étable consomme 119 kWh/m² pour le chauffage et 329 kWh/m² pour l'exploitation de l'établissement (y compris la consommation du gîte situé à proximité).

¹⁰ « La norme SIA part du principe que les restaurants ont besoin de beaucoup d'eau, ce qui représente une part de 50% de la consommation de chaleur » (Hotelleriesuisse, 2010, p. 24)

7.7 Inventaire du parc véhicules

Télévercorin SA possède plusieurs types de véhicules :

1. 4 dameuses :
 - 2 x Prinoth → damage des pistes
 - 1 x Kässbohrer → damage des pistes
 - 1 x Prinoth Husky → transport de matériels pour les gîtes et damage de la piste de ski de fond.
2. Plusieurs autres véhicules tels que des 4x4 permettant aux employés de se déplacer durant la saison d'été et une motoneige pour le transport de matériel et de blessés.

7.8 Consommation de combustibles

Tableau 11 Consommation des différents carburants et combustibles

	Diesel Bus navette	Diesel Petits véhicules	Sans plomb Petits véhicules	Mazout Diesel Dameuses	Mazout écopolaire Vercorin inférieur	Huile chauffage Restaurant Crêt-du-Midi	Total
Janvier	201	56	184		3 564	21 485	25 490
Février	118	64	162				343
Mars	192	49	169				410
Avril	67	51	76				194
Mai	56	92					148
Juin			21				21
Juillet			43				43
Août			154				154
Septembre		296	194				490
Octobre		328	177	49 779			50 284
Novembre		171	70				241
Décembre		87	72				158
	634	1 194	1 320	49 779	3 564	21 485	
	1%	2%	2%	94%	14%	86%	
	Total véhicules			52 927	Total chauffage	25 049	77 976
				68%		32%	

Source : (Télévercorin SA, 2015)

En plus de l'énergie électrique consommée, plusieurs combustibles fossiles sont requis afin d'alimenter les véhicules, entre autres les dameuses ou encore certains chauffages à mazout. Dans le but d'établir une comparaison avec la consommation électrique de la société, le pouvoir calorifique de chaque combustible fossile a été déterminé. Ce dernier n'est toutefois pas entièrement transformé en chaleur utile en raison de pertes diverses (par exemple déperditions de chaleur par la cheminée).

Tableau 12 Conversion des combustibles en kWh

Combustible	Pouvoir calorifique [kWh/l]	Consommation 2013 [litres]	kWh	En [%] des kWh
Essence (normale)	8.2	1'320	10'825	1%
Diesel - véhicules	9.9	1'828	18'096	2%
Diesel - dameuses	9.9	49'779	492'812	64%
Mazout - chauffage	9.9	25'049	247'985	32%
Total		77'976	769'718	

Source : (Roland Zegg, 2010, p. 53) (Télévercorin SA, 2015)

Le tableau ci-dessus est un récapitulatif de la consommation en litres des différents combustibles. En tête, le mazout diesel utilisé par les dameuses qui représente près de 100% des combustibles fossiles nécessaires aux véhicules. Le mazout destiné au chauffage des infrastructures administratives de Vercorin représente 14% des besoins alors que les 86% restants sont utiles au chauffage du restaurant du Crêt-du-Midi. Au total, 68% des combustibles sont brûlés par les véhicules et 32% par le chauffage.

Si l'on convertit ces litres de combustibles fossiles en kWh (voir tableau 7 ci-dessus), c'est près de 770'000 kWh additionnels qui sont consommés, soit un total (kWh électrique et kWh combustible) de 2'200'000 kWh.

7.9 Inventaire et consommation des installations d'enneigement technique

L'étude menée par les Remontées Mécaniques Suisses (RMS) affirme qu'au niveau suisse, « près de 60 GWh de l'énergie électrique et une grande partie des 164 GWh de carburants fossiles¹¹ évalués sont utilisés par les entreprises de remontées mécaniques pour l'enneigement et la préparation des pistes » (p.60). La consommation d'énergie liée à l'enneigement artificiel pèse donc lourd dans le bilan énergétique d'une société de remontées mécaniques.

¹¹ Données de consommation totale des remontées mécaniques suisses en 2010, (Roland Zegg, 2010)

7.9.1 Inventaire des installations

Les besoins en électricité pour l'enneigement technique sont générés par deux types d'activités :

- Le transport de l'eau : le pompage de l'eau nécessaire aux canons à neige s'effectue à la station des Planards, située au-dessus de l'intermédiaire de Sigeroulaz. Cette station de pompage utilise l'eau de la source de la Réchy qui se trouve au-dessus des Méandres (environ 2300 mètres d'altitude). La station contient également un compresseur permettant d'injecter de l'eau avec suffisamment de pression dans les canons de type perche.
- Processus de congélation : l'électricité consommée par les systèmes à basse pression est nécessaire au chauffage des buses, aux compresseurs de pulvérisation ainsi qu'aux ventilateurs.

Au niveau de l'enneigement technique, le domaine skiable de Télévercorin SA est subdivisé en 2 parties distinctes. La partie supérieure (Sigeroulaz – Crêt-du-midi) équipée de canons et perches TechnoAlpin datant de 2012 et la partie inférieure (Sigeroulaz – Vercorin) équipée essentiellement de perches Snowstar (Comina, 2015).

Figure 17 T60 - TechnoAlpin



Source : (TechnoAlpin, 2015)

Tableau 13 Inventaire installations enneigement technique

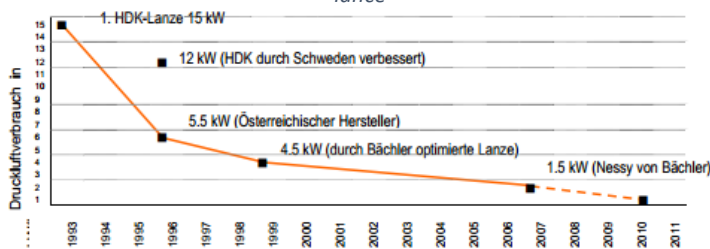
Sigeroulaz - Crêt-du-midi					
TechnoAlpin	Type	Modèle	Puissance compresseur / turbine [kW]	Nombre	Moyenne de consommation [kWh] 2013-2014
	Perche	V3 ¹²	0.1/4	18	91
	Ventilateur	T40 Mobile	12.5	2	3818
	Ventilateur	T60 Mobile	18.5	2	0
	Ventilateur	T40 Tower	12.5	3	3330
			25	7239	
Sigeroulaz - Vercorin					
Snowstar	Type	Modèle	Puissance compresseur / turbine [kW]	Nombre	Moyenne de consommation [kWh] 2013-2014
	Perche	Taurus	4.1	17	n/a
	Ventilateur	"Crystal"	22	1	n/a
			18	n/a	
Total général				43	7239

Source : (Comina, 2015) & (TechnoAlpin, s.d.) & (Snowstar, s.d.)

7.9.2 Consommation des installations d’enneigement technique

L'évolution technologique des lances ayant permis de faire chuter la consommation d'air comprimé par lance de 15 kW en 1993 à environ 1.5 kW en 2007 (Confédération Suisse, 2009,

Figure 18 Evolution de la consommation d'air comprimé en kW par lance



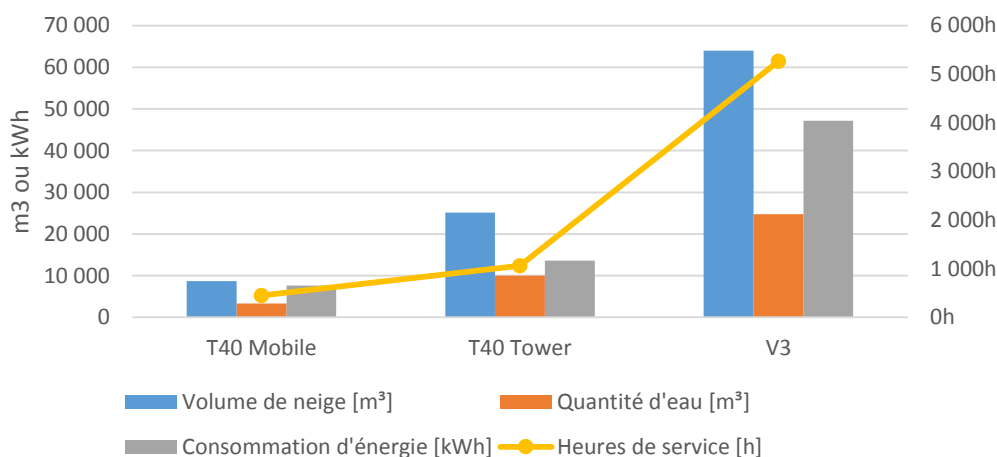
Source : (Confédération Suisse, 2009, p. 10)

p. 10), la consommation des perches présentes sur le haut du domaine skiable de Télévercorin SA est relativement faible (année d'acquisition 2012). La consommation des canons de type « ventilateur » bien plus importante est générée par la turbine nécessaire au fonctionnement du ventilateur. Les données de consommation détaillées 2013-14 concernant **la partie Sigeroulaz – Vercorin ne sont malheureusement pas disponibles.**

¹² Toutes les perches de type V3 ne possèdent pas de compresseur, exception faite de celle située au Crêt-du-midi qui est équipée d'un compresseur de 4 kW.

Le graphique ci-dessous met en relation les diverses statistiques d'enneigement technique de la partie supérieure relative à la saison 2013-2014. A noter que les canons TechnoAlpin de type T60 Mobile ne figurent pas en raison de leur non-utilisation.

Figure 19 Statistiques enneigement technique 2013-14



Source : (Comina, 2015)

Tableau 14 Statistiques par type de canons

	Volume de neige [m³]	Quantité d'eau [m³]	Consommation d'énergie [kWh]	Heures de service [h]
T40 Mobile	8 689	3 321	7 635	453
T40 Tower	25 103	9 991	13 636	1 061
V3	63 982	24 747	47 202	5 271
Total général	97 774	38 059	68 473	6 785
% T40 Mobile	9%	9%	11%	7%
% T40 Tower	26%	26%	20%	16%
% V3	65%	65%	69%	78%

Source : (Comina, 2015)

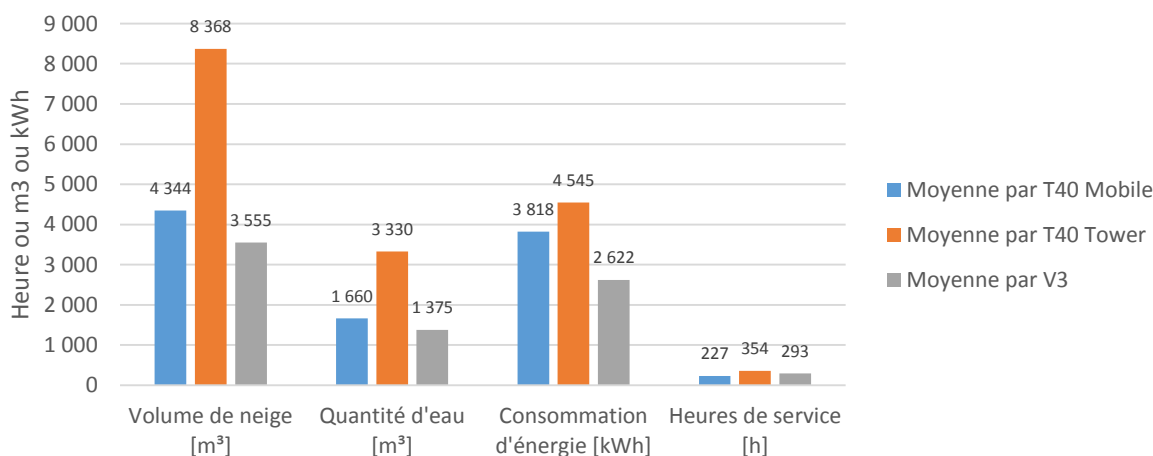
- Au total, 97'500 m³ de neige a été produits durant la saison analysée. 65% proviennent des perches V3, 26% des canons T40 Tower et 9% des T40 Mobile.
- Le total des heures d'utilisation s'élève à 6'800 et est fortement corrélé à la quantité de neige produite (78% des heures de service pour les V3, 65% du volume de neige produit).
- Tous les canons installés bénéficient du même rendement m³ d'eau / m³ de neige, soit 1m³ d'eau pour 2,5 m³ de neige.
- Le ratio m³ de neige produite par heures de service a été effectué : T40 Mobile 19 ; T40 Tower 24 ; V3 12. Cependant, l'emplacement ainsi que les conditions

météorologiques impactent énormément la performance des canons et rendent ces ratios sujets à interprétation.

- La consommation électrique totale des canons s’élève à 68'500 kWh, soit 7'600 kWh (11%) pour les T40 Mobile, 13'600 kWh (20%) pour les T40 Tower, 47'200 kWh (69%) pour les perches V3.
- Les perches V3 ne possédant pas de compresseur intégré (sauf pour une perche), un ratio de 30% de la consommation de la salle des machines (pompes et compresseur) a été reporté afin de montrer la consommation réelle des perches (consommation du compresseur et de la perche en soit).

La figure 23 montre clairement l’efficacité énergétique supérieure des lances TechnoAlpin de type V3. La production de neige moyenne par canon est cependant plus importante pour les T40 Tower. A noter que chaque canons se situe à un endroit différent et ne jouit donc pas des mêmes conditions de production.

Figure 20 Consommations canons T40 et perches V3



Source : (Comina, 2015) & données de l’auteur

La figure 24 cartographie les différents emplacements des installations d’enneigement technique en mettant en corrélation le volume de neige produit par enneigeur. Les T40 Tower et mobiles (numéro 8, 27, 4, 3) bénéficiant de la plus grande capacité de production sont en toute logique situés sur les sites nécessitant une quantité de neige conséquente, soit le haut de la piste du Crêt-du-midi (fortement exposée au soleil) ainsi que la dernière pente avant la station de Vercorin.

Les lances de type V3 possédant une capacité de production inférieure, se répartissent la charge de travail tout au long des deux pistes principales, soit la piste bleue et rouge.

Figure 21 Cartographie des installations d'enneigement technique



Numéro abri	Type	Q eau - Somme [m³]	Consommation d'énergie - Somme [kWh]	Volume de neige - Somme [m³]
8	T40 Tower	3'771	5'101	9'527
27	T40 Mobile	3'312	7'587	8'661
4	T40 Tower	3'357	4'388	8'399
3	T40 Tower	2'864	4'147	7'177
20	V3	2'758	42	7'096
9	V3	2'509	49	6'510
12	V3	2'171	36	5'551
5	V3	1'932	30	4'890
25	V3	1'758	34	4'670
17	V3	1'654	49	4'251
10	V3	1'575	42	4'082
11	V3	1'587	36	3'997
14	V3	1'219	39	3'069
22	V3	1'187	74	2'995
19	V3	1'193	19	2'982
13	V3	1'153	37	2'903
30	V3	1'010	1'075	2'876
21	V3	985	27	2'769
24	V3	889	33	2'418
23	V3	592	19	1'482
6	V3	438	39	1'095
29	V3	138	52	345
26	T40 Mobile	9	48	27
15	V3	0	0	0
31	T60 Mobile	0	0	0
32	T60 Mobile	0	0	0

Source : (Comina, 2015)

7.9.2.1 Consommation globale de l'enneigement technique

Pour situer la consommation d'énergie électrique de l'ensemble du système d'enneigement technique¹³, il est indispensable de prendre en compte la consommation de la salle des machines, soit la station de pompage des Planards comprenant une pompe et un compresseur avec la consommation cumulée de chaque enneigeur.

Tableau 15 Consommation totale enneigement technique

	Installations	Puissance [kW]	Consommation 2013 [kWh]
Salle des machines	Pompe	200	151'568
	Compresseur	110	
Enneigeurs	V3	0.1/4	1'732
	T40 Mobile	13	7'635
	T40 Tower	13	13'636
	Total		174'571

Source : (Comina, 2015)

Le 87% de la consommation provient de la salle des machines, un ratio hypothétique de 30% pour le compresseur et 70% pour la pompe a été défini. Les lances V3 utilisant la pression générée par le compresseur de la salle des machines, leur consommation est anecdotique. Le total de kWh consommés par l'enneigement technique s'élève donc à 174'571 kWh, soit 13% du total dépensé en 2013 pour l'énergie électrique (se référer aux explications relatives à la figure 9 pour l'analyse).

Pour rappel, les besoins en électricité moyens relatifs à l'enneigement technique des remontées mécaniques suisses (2008) s'élèvent à 32% du total (Roland Zegg, 2010, p. 51). La comparaison avec la consommation de l'ensemble des téléskis présents sur le domaine positionne ces derniers comme moins énergivores (seulement 9% du total, soit 120'000 kWh). La consommation effective totale fait ressortir une différence de 2% avec les estimations faites à la figure 9 (Besoin d'électricité de Télévercorin SA) et confirme la pondération utilisée dans les calculs de l'annexe IV.

¹³ Les données de consommation spécifiques des enneigeurs de la partie du bas ne sont pas disponibles.

L'ensemble des données a été récupéré à l'aide du logiciel ATASSplus, développé par l'entreprise TechnoAlpin (TechnoAlpin, 2015), lors de l'entretien avec le responsable de l'enneigement technique Monsieur Raoul Comina.

7.9.3 Taxe de puissance

Durant l'année 2013, la salle des machines des Planards s'est vue taxée de 841 kW, pour un montant de 3364.- francs, soit 9% du total des taxes de puissance payées en 2013. L'essentiel de la consommation s'est effectuée entre mi-octobre et fin janvier (Sierre-Energie SA, 2014).

7.9.4 Efficacité énergétique des pistes

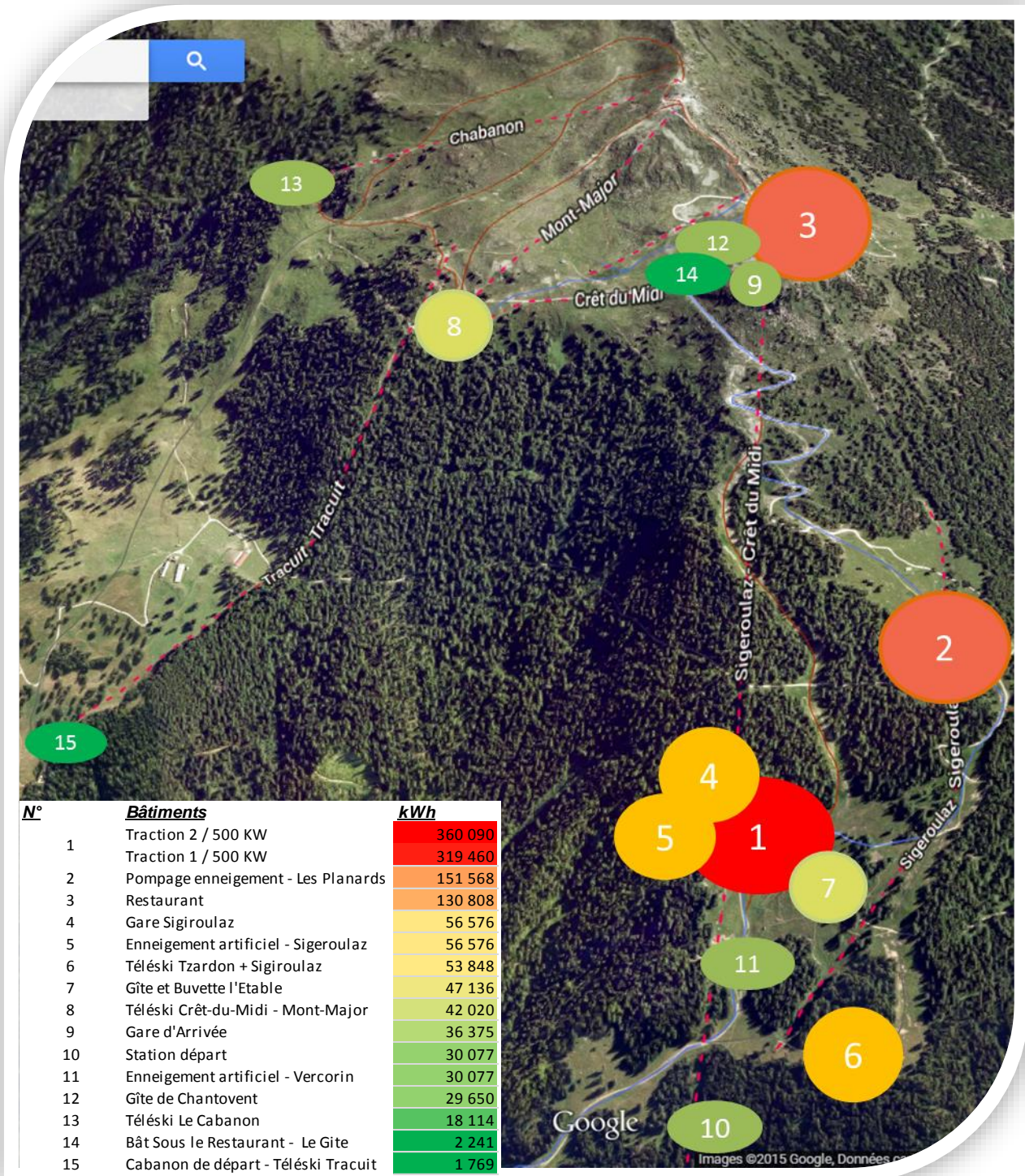
Avec une largeur de pistes moyenne de 23 mètres et un domaine skiable s'étalant sur plus de 35 kilomètres (Glasse, 2015), la surface d'entretien des pistes de ski s'élève à plus de 80 hectares. Ces 80 hectares de pistes signifient (calculs à l'annexe VIII) :

- Dameuses : 620 litre de diesel consommé par hectare de pistes
- Premier passage : 0.63 litre de diesel consommé par personne

La moyenne suisse 2008 se situait entre 1450 et 1700 litres de diesel par hectare et 0.35 à 0.65 litres par premier passage (Roland Zegg, 2010, p. 62). En 2013, Télévercorin SA se situe nettement en deçà des 1450 litres. Cependant, en 2014, la moyenne s'élève à 910 litres ce qui suggère une volatilité relativement importante selon les conditions d'enneigement naturel. Les 0.63 litres par personne se positionnent quant à eux dans la tranche supérieure comparativement à la moyenne suisse.

7.10 Cartographie de la consommation électrique des installations

Figure 22 Cartographie de la consommation des installations et bâtiments

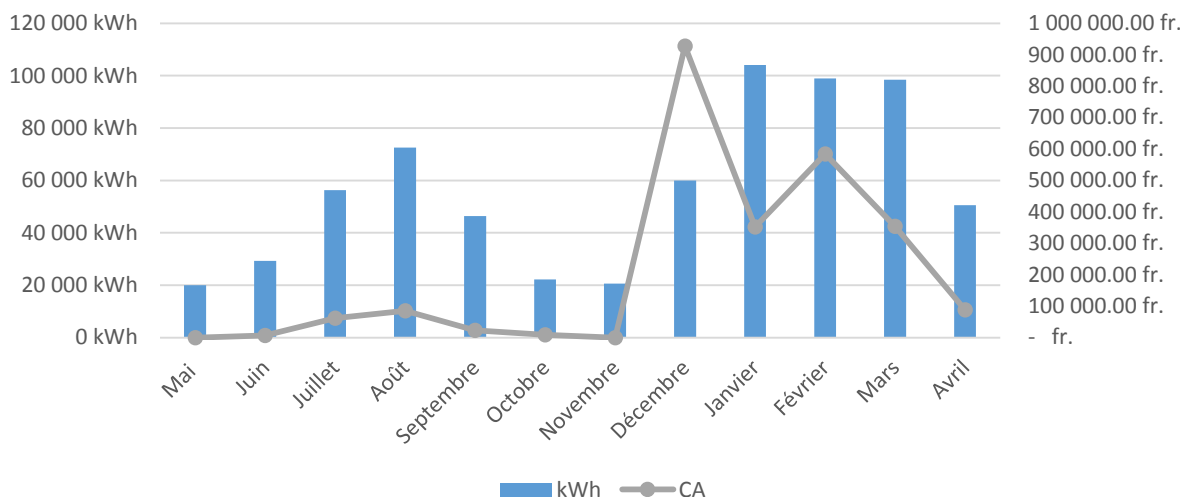


Source : Données de l'auteur & (Sierre-Energie SA, 2014)

7.11 Analyse financière

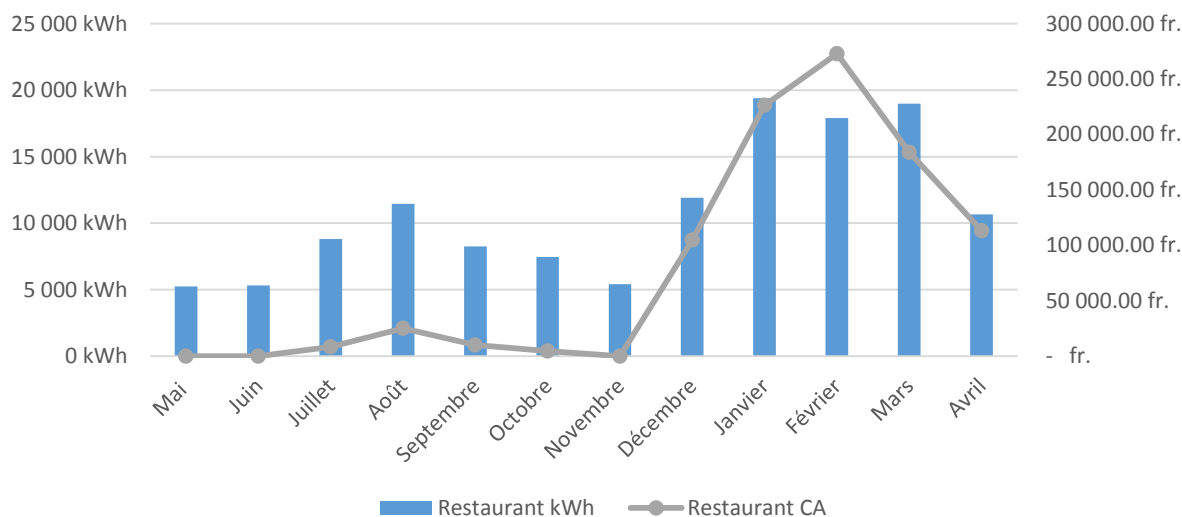
Le graphique ci-dessous met en corrélation le chiffre d'affaires généré par les transports durant l'année 2013 (l'exercice comptable s'étale de mai à avril). La consommation électrique de mai à août semble démesurée par rapport au chiffre d'affaires dégagé. Le pic de décembre (chiffre d'affaires) est relatif à la vente des abonnements saisonniers.

Figure 23 Chiffre d'affaires des transports comparé à sa consommation électrique de la télécabine



Source : Données de l'auteur & (Télévercorin SA, 2015)

Figure 24 Consommation électrique du restaurant par rapport à son chiffre d'affaires



Source : Données de l'auteur & (Télévercorin SA, 2015)

La consommation électrique du restaurant semble également trop élevée durant la saison estivale.

8 Pistes d'optimisations

8.1 Télécabines

8.1.1 Optimisation du fonctionnement des télécabines

Un potentiel d'économie d'énergie réside dans les heures de fonctionnement des télécabines durant la saison d'été. En effet, les moteurs de la télécabine consomment environ 9 heures par jour durant les mois de juillet, août et la moitié du mois de septembre (horaire standard 8h30 à 17h30) (Remontées mécaniques d'anniviers, 2015). En diminuant le temps de fonctionnement à trente minutes par heure durant la période mentionnée ci-dessus, c'est-à-dire que pour chaque début d'heure pleine, les cabines remontent les clients pendant 15 minutes (par exemple de 9h00 à 9h15) et les 15 minutes restantes servent au temps de trajet des derniers clients embarqués. Selon les courbes de charges (disponibles en annexe) fournies par (Télévercorin SA, 2015), les estimations suivantes ont pu être effectuées :

Tableau 16 Estimation du potentiel d'économie des télécabines

	Moteur 1		Moteur 2
Consommation semaine de référence 02.03.2015 au 06.03.2015	10'137	kWh	11'009 kWh
Consommation journalière	1'448	kWh	1'573 kWh
Dénivelé	1004 mètres		
Masse à déplacer (débit théorique de 1200 pers./h.)	$(1.2 \cdot 10^3 / 3.6 \cdot 10^3) \cdot 8 \cdot 10 =$	27	kg/s.
Puissance nécessaire ($m \cdot g \cdot h$)	$2.7 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3 =$	270'000	kg/s * m/s ² * m
Puissance maximale utile	$2.7 \cdot 10^5 =$	270	kW
Puissance de frottement (hypothèse)		300	kW
Puissance totale		570	kW
Jours d'utilisation saison estivale : juillet - août - septembre		75	jours
Fonctionnement par jour (8h30 à 17h30) usuel		9	heures/jour
Gain de consommation avec fonctionnement réduit (30 minutes par heure)	$4.5 \text{ h} \cdot 270 \text{ kW} =$	1'215	kWh
Economie en kWh	$1215 \text{ kWh} \cdot 75 \text{ jours} =$	91'125	kWh
Economie en CHF (prix moyen de 17 centimes / kWh)	$60750 \text{ kWh} \cdot 0.17 \text{ CHF} =$	15'491	CHF
Nb :	Joules = $[kg \cdot m^2 / s^2]$		

Source : Données de l'auteur et (Télévercorin SA, 2015)

Conséquemment aux estimations faites, l'économie dégagée s'élève à 91'000 kWh, soit 15'500 CHF pour la période concernée (deux mois et demi allant de juillet à mi-septembre) en considérant une utilisation de 4,5 heures par jour au lieu de 9 heures habituellement. Afin de

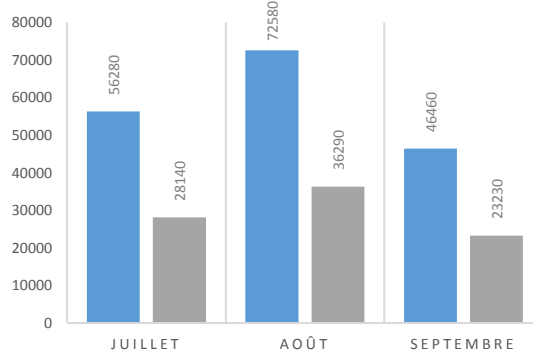
s’assurer de la véracité et de la pertinence des calculs, une vérification à l’aide de la consommation mensuelle effective 2013 des deux moteurs a été faite.

Tableau 17 Consommation effective / optimisée des télécabines

	Consommation totale (kWh)	Consommation totale optimisée (kWh)
Total Traction 1 et 2	175320	87660
Juillet	56280	28140
Août	72580	36290
Septembre	46460	23230
Total général (CHF)	29'804.40 fr.	14'902.20 fr.

Source : Données de l’auteur et (Télévercorin SA, 2015)

Figure 25 Consommation effective / optimisée



Source : Données de l’auteur et (Télévercorin SA, 2015)

L’optimisation des heures de fonctionnement de la télécabine durant la saison estivale permettrait d’économiser effectivement 88'000 kWh annuels, soit 15'000 CHF, qui résulte d’une durée d’utilisation deux fois inférieure à une journée standard durant la saison d’été. La fréquentation est si faible que ce n’est pas cette dernière qui est la source essentielle de la consommation de l’installation, mais les pertes et frottements de toutes sortes. La mesure en soit est simple à mettre en place mais les conséquences générées par ce mode de fonctionnement intermittent se répercutent sur la clientèle. En effet, un client lambda qui reçoit l’information des horaires en arrivant à la caisse des télécabines risquera fortement de changer son planning du jour. C’est pourquoi la mise en œuvre nécessite impérativement un effort de communication clair et précis stipulant les horaires des remontées mécaniques aux clients et mettant l’accent sur la plus-value écologique générée par cette piste d’optimisation.

8.1.2 Réduction de la vitesse

« Plus une remontée est lente, moins la puissance nécessaire est grande. L’économie d’énergie est à peu près proportionnelle à la baisse de la vitesse, ce qui signifie qu’une vitesse réduite de 20% donne une puissance d’environ 19% plus faible. » (Roland Zegg, 2010, p. 85)

Durant l’hiver, les télécabines de Vercorin¹⁴ se déplacent à une vitesse moyenne de 5 m/s (83% de la vitesse maximale) (Glassey, 2015). Le fait de réduire la vitesse à 4 m/s (soit à 67%

¹⁴ Capacité théorique de 1200 personnes par heure, vitesse maximale de 6 mètres par seconde, dénivellé de 1004 mètres.

de la vitesse maximale) entraînerait une demande de puissance diminuée de 16% et serait quasiment imperceptible pour le confort des utilisateurs. Cette mesure est applicable pour autant que le nombre de visiteurs le permette.

L'application de cette mesure permettrait à la société d'économiser 11'800.- francs sur la saison d'hiver, soit 5% du total des charges électriques de la société ce qui correspond à 10% du total des charges électriques de la télécabine.

8.1.3 Optimisations diverses

1. Adapter le nombre de véhicules des cabines à la fréquentation journalière prévue (selon les prévisions de la demande)
 - 75% du nombre de véhicules permet d'économiser 5% de puissance
 - 50% du nombre de véhicules permet d'économiser 10% de la puissance (Roland Zegg, 2010, p. 86)
2. Maintenance sérieuse de l'installation (graissage, nettoyage des filtres, etc...) permet une durée de vie accrue de l'installation. L'utilisation d'une caméra thermique permet de détecter les zones à problème ainsi que les endroits de surchauffe au niveau de l'armoire de distribution (Roland Zegg, 2010, p. 86)

8.1.4 Optimisation de la courbe de charge des moteurs

Selon l'étude faite par les RMS, « pour toutes les remontées mécaniques qui affichent un rapport entre la puissance de pointe facturée et la puissance moyenne pendant le temps de travail de plus de 1.5, il serait judicieux de prendre en considération une gestion des pointes de charge » (Roland Zegg, 2010, p. 104). La courbe de charge hebdomadaire fournie par Sierre-Energie pour la traction 1 et 2 durant la semaine du 2 mars (voir annexe III) montre une puissance maximale de 275 kW en moyenne par moteur alors que la moyenne de consommation se situe approximativement à 200 kW. Ces chiffres nous indiquent un ratio de 1.4, soit à la limite du ratio préconisé.

Les données disponibles pour l'analyse ne se situant pas durant les semaines de grosses affluences, ce ratio pourrait dépasser la limite. Il serait alors intéressant d'effectuer une analyse plus approfondie.

Une optimisation de la courbe de charge peut amener à une réduction des charges liées à la taxe de puissance de 15% (Roland Zegg, 2010, p. 105).

8.2 Restaurant

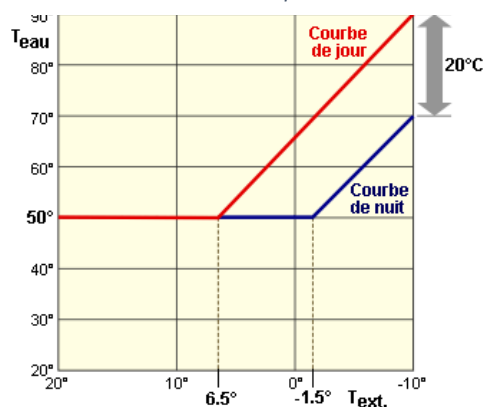
8.2.1 Température ambiante et aération

- Installations de vannes thermostatiques afin de régler la température ambiante à 20°C maximum dans les pièces principales et plus basse dans les pièces annexes.
 - Une diminution d'un degré entraîne une économie de chauffage de 6% environ (Roland Zegg, 2010, p. 97)
 - Il existe aussi des régulateurs climatiques qui mettent en adéquation la courbe de chauffe avec les températures extérieures (EnergiePlus, Les régulateurs climatiques et le réglage des courbes de chauffe, 2015)
- Adaptation de la ventilation des différentes salles du restaurant selon le taux d'occupation (éviter de rejeter de l'air inutilement) (Roland Zegg, 2010, p. 97):
 - 12 m³/h pour les non-fumeurs sont considérés comme suffisants
 - L'humidité relative de l'air ne devrait pas dépasser 30% en hiver
- Installation éventuelle d'un échangeur de chaleur. Ce système permet de réduire les pertes par ventilation de 60 à 80% (Roland Zegg, 2010, p. 97).
 - Adapter la ventilation de la cuisine à ses besoins et veiller à la nettoyer régulièrement

8.2.2 Courbe de chauffe

Diminuer la température ambiante de manière plus prononcée en dehors des heures de services (de 22°C à 5°C par exemple) permet d'économiser beaucoup d'énergie. L'installation d'un programmeur sur la chaudière permettrait de couper le chauffage à une heure prédéfinie (par exemple à la fin du service) et de le relancer automatiquement une heure avant le début du service suivant.

Figure 26 Courbe de chauffe appliquée à une chaudière basse température



Source : (EnergiePlus, Les types de programmeurs d'intermittence, 2015)

Le graphique ci-dessus illustre le fonctionnement d'une telle mesure. En dessus de 6,5°, la température de l'eau n'augmente plus alors que la courbe de nuit trouve sa limite à -1.5°C (EnergiePlus, Les types de programmeurs d'intermittence, 2015). Dans le cas où la température pourrait descendre en dessous de 50°C, soit vers 10°C, il est possible d'économiser près de 40% d'énergie liée au chauffage

8.2.3 Isolation

L'isolation thermique du bâtiment semble correcte au vu de l'étude faite auparavant.

8.2.4 Eau chaude

- La température de l'eau sanitaire ne devrait pas excéder 60 à 65°C. Il est possible d'utiliser la chaleur générée par les instruments de cuisine (installations frigorifiques par exemple) pour chauffer l'eau.
 - 2.5 kW thermiques peuvent être récupérés par kW consommé par les installations frigorifiques pour chauffer l'eau (Roland Zegg, 2010, p. 98).

8.2.5 Achat d'appareils et de machines

- Achat d'appareils et de machines d'une catégorie d'efficacité élevée (plaques de la cuisinière, frigos, lave-vaisselle, etc...)
 - Pour gérer les pointes de charges, il est intéressant pour les appareils équipés de chauffe-eau ou de batteries de chauffe de les raccorder sur une arrivée courant séparée afin de pouvoir déclencher le producteur de chaleur sans affecter les fonctions de l'appareil (Roland Zegg, 2010, p. 99).

8.2.6 Formation du personnel

- La formation et la sensibilisation du personnel impactent fortement l'efficacité énergétique. L'apprentissage de bonnes habitudes (ne pas allumer les plaques avant de s'en servir) permet d'économiser entre 10 et 20% d'énergie (Roland Zegg, 2010, p. 99).

8.2.7 Veille des machines et appareils

- Eviter la veille des machines et appareils en les déclenchant complètement grâce à une minuterie ou une solution tierce telle qu'EcoWizz. Le plus gros potentiel réside dans les appareils frigorifiques : un entretien approprié (nettoyage des évaporateurs, contrôle de l'étanchéité des chambres froides, optimisation des réglages, couvrir les appareils durant la nuit) permet une économie allant jusqu'à 30% (Roland Zegg, 2010, p. 99)

8.2.8 Eclairage

- Opter pour des lampes économiques ainsi qu'une installation de capteur de mouvements (investissement amortis en général sur 5 ans) (Roland Zegg, 2010, p. 99)

8.2.9 Chauffage extérieur

- Depuis l'interdiction de fumer à l'intérieur, ce genre de chauffage (type parasol) semble de plus en plus présent. A savoir qu'un seul de ces chauffages permet de « chauffer quatre appartements de 70 m² bien isolés durant tout un hiver » (Roland Zegg, 2010, p. 99).

8.2.10 Gestion des pics de puissance

Les charges liées aux pics de puissance de l'année 2013 s'élevaient à 3'000.- CHF, soit 16% du total des charges électriques du restaurant. A l'aide d'un délesteur¹⁵, le potentiel d'économie sur la taxe de puissance pourrait atteindre 50%. Avec un coût unitaire de 463.- francs pour un délesteur de 3 modules (Hager Suisse, 2013), l'investissement de 2 unités permettrait d'économiser 1500.- francs par année. Les calculs financiers donnent les résultats suivants (annexe IX) :

¹⁵ Délesteur : lorsque la consommation électrique risque de dépasser le seuil de puissance autorisé, le délesteur coupe l'alimentation électrique de certains appareils qui ne sont pas prioritaires (par exemple le lave-linge durant la période de midi) afin de faire redescendre la puissance demandée. Ce dispositif permet d'économiser jusqu'à 50% des coûts liés à la taxe de puissance (Electricité guide, s.d.).

Tableau 18 Calculs financiers relatifs à l'installation de délesteurs

Investissement :	-	926.00 fr.
Cash-flow annuel		1 510.00 fr.
Taux		4%
Van		fr. 10 886.01
TRI		163%
Payback		-0.613245033

Source : Données de l'auteur

Ces chiffres relèvent d'estimations et nécessitent une étude plus poussée. Cependant, une telle mesure semble très bon marché et très efficace. Le retour sur investissement est de moins d'une année pour un gain de plus de 10'000.- francs après 10 ans.

8.3 Bâtiment administratif – Station de Vercorin

La station de départ de Vercorin datant de 2012, les pistes d'optimisation relatives à la consommation d'énergie (électrique et mazout) sont restreintes.

8.3.1 Isolation

L'isolation thermique du bâtiment (station de départ à Vercorin) semble tout à fait suffisante étant donné le classement établi précédemment.

8.3.2 Appareils de bureau

Selon l'étude faite par les RMS, « 40% de la consommation électrique dans les bureaux est à mettre à la charge des appareils de bureau » (Roland Zegg, 2010, p. 100). La consommation en mode veille de ces appareils peut être fortement réduite grâce à la solution EcoWizz (coupure automatique de la veille selon une planification horaire établie par l'utilisateur (EcoWizz, 2015)). En effet, l'étude montre que 60% de l'énergie consommée est liée à la veille des appareils. Ainsi, en optimisant la consommation des appareils de bureau, il serait possible d'économiser jusqu'à 30% d'énergie (Roland Zegg, 2010, p. 100).

L'étude faite par des étudiants de la HES-SO sur l'économie d'énergie liée à la veille des appareils dans l'entreprise CimArk (annexe X) montre une économie potentielle de 250.- francs par année (soit 1200 kWh/an) (Perruchoud, Papilloud, & Gabioud, 2014). Le nombre d'appareils étant environ 2 fois plus faible, l'économie d'énergie pourrait s'élever à 125.- francs par année.

A noter que le parc informatique étant relativement récent, l'efficacité énergétique des appareils est déjà très bonne.

8.3.3 Installation de panneaux photovoltaïques (calculs annexe XI)

La partie sud du bâtiment dispose d'une surface d'environ 35 m²¹⁶ propice à la pose de panneaux photovoltaïques. Selon le calculateur de Joint Research Centre, l'installation de 7.25 kWp de panneaux PV permettrait de produire environ 7'100 kWh annuels (Joint Research Centre, 2012), soit 14% de la consommation électrique du bâtiment.

La puissance de l'installation ne dépassant pas 9.9 kWp, seule la rétribution unique est envisageable, à hauteur de 5'025.- francs et qui peut être déduite de l'investissement initial (Swissgrid, 2015). L'investissement total s'élèverait donc à 13'100.- francs, l'énergie produite serait autoconsommée et constituerait le cash-flow annuel¹⁷. Si ces chiffres s'avèrent réels, l'installation serait rentabilisée en 11 ans et dégagerait une VAN positive de 3'100.- francs après 20 ans.

¹⁶ Estimation faite selon les plans de cadastre, l'inclinaison du toit est estimée à 15°.

¹⁷ kWh estimé à 0.17.- francs, selon le prix du kWh payé par Télévercorin SA en 2013.

8.4 Bâtiment de Sigeroulaz – intermédiaire

Ce bâtiment abrite les deux moteurs de la télécabine, une station de contrôle pour les skieurs ainsi que des garages et ateliers au niveau inférieur.

8.4.1 Récupération de la chaleur des moteurs

La gare de Sigeroulaz consomme environ 100'000 kWh annuels (sans la consommation des moteurs et des canons à neige). La part de consommation allouée au chauffage ainsi que l'énergie récupérable des moteurs peut être estimée :

Tableau 19 Consommation chauffages ateliers et potentiel de récupération de chaleur

Chauffage des ateliers	15	kW
	8	h/jour
	4	chauffages
	480	kWh / jour
	57600	kWh saison d'hiver (120 jours)
	9 792.00 fr.	0.17 fr. / kWh
Récupération chaleur moteurs	80	kW de récupération
	8	h/jour
	640	kWh / jour
	76800	kWh saison d'hiver (120 jours)

Source : Données de l'auteur & (Glassey, 2015) & (Bonvin, Récupération de chaleur des moteurs de la télécabine, 2015)

La chaleur récupérée pourrait directement être injectée dans les ateliers et permettrait ainsi d'économiser près de 60'000 kWh annuels (soit 60% de la consommation de l'intermédiaire). Un problème persiste, la chaleur dépend du fonctionnement des moteurs. Les ateliers étant également exploités hors du fonctionnement de la télécabine, les chauffages d'appoint seront cependant toujours nécessaires.

Les coûts d'investissements ainsi que la faisabilité technique de la mesure proposée ne peuvent pas être mesurés.

8.4.2 Installation de panneaux photovoltaïques (calculs annexe XII)

La grande surface de toit disponible sur le bâtiment de l'intermédiaire est estimée à 188 m² (le toit étant plat, l'espace entre les panneaux PV doit être plus grand). Selon le calculateur de Joint Research Centre, l'installation de 29.25 kWp de panneaux PV permettrait de produire environ 29'000 kWh annuel (Joint Research Centre, 2012), soit 26% de la consommation électrique du bâtiment.

L'investissement s'élèverait à 75'000.- francs en prenant comme référence un prix de 2500.- par kW installé. Ainsi, l'installation serait rentable en 13 ans et dégagerait une VAN positive à hauteur de 6'100.- francs après 20 ans. La puissance de l'installation permet le choix entre la rétribution unique ou la RPC¹⁸. Le calcul de cash-flow a été effectué avec la RPC au prix de 0.20.- francs le kWh (Swissgrid, 2015). Il est possible d'utiliser l'électricité solaire produite directement pour sa propre consommation afin de diminuer les pics de puissance.

8.5 Enneigement artificiel

Ce domaine des remontées mécaniques est extrêmement complexe à gérer et offre des pistes d'optimisation s'axant tout d'abord sur la manière d'exploiter les installations puis celles qui nécessitent un investissement.

8.5.1 Optimisation sans frais d'investissement

1. Production de neige

- Un bon réglage des gicleurs des canons permet d'éviter la diffusion de gouttes trop fines qui ne produisent pas de neige (alors que de l'eau et de l'air comprimé sont consommés pour rien)
- Détecter rapidement les gicleurs bouchés
- Veiller à étalonner les capteurs de température et d'humidité sur les dispositifs automatiques
- Démarrer la production de neige artificielle uniquement lorsque les conditions sont optimales
- L'utilisation de certains additifs autorisés augmente la production de neige de 40 à 50% et permet la production avec une eau moins froide (Roland Zegg, 2010, p. 87)

2. Neige en dépôt

- La constitution de stocks de neige n'est pas réellement bénéfique. Une perte de 20 à 30% est souvent observée (Roland Zegg, 2010, p. 87).

3. Automatisation

¹⁸ RPC : rétribution à prix coutant

- Une forte automatisation peut augmenter le nombre de dysfonctionnements des enneigeurs et ainsi réduire l'efficacité (Roland Zegg, 2010, p. 88).

4. Fuites/air comprimé

- Veiller à éviter toutes fuites d'air comprimé car les pertes sont généralement importantes. Un contrôle de la pression de réseau permet d'éviter ce genre de problème (Roland Zegg, 2010, p. 88).

8.5.2 Optimisation avec coûts d'investissement (Thomas, 2009)

1. Système d'enneigement efficace

- Les enneigeurs de la partie inférieure de Vercorin ne sont pas très récents et sont par conséquent peu efficaces. La mesure d'optimisation de la consommation d'énergie serait l'investissement de nouveaux canons plus efficaces. Cependant cette mesure n'est que très peu rentable économiquement parlant. Un retour sur investissement de 4 à 6 ans est à prévoir dans le cas d'une modernisation de l'équipement (Roland Zegg, 2010, p. 88).

NB : L'entreprise Bächler AG a développé une perche nommée « NESSy ZeroE » permettant une production de neige dénuée de toute consommation d'énergie. La pression naturelle de l'eau (depuis un réservoir) suffit et ainsi aucune consommation n'est à prévoir pour l'air comprimé (Bächler, 2015).

2. Optimiser le terrain

- Éliminer au maximum les irrégularités du terrain afin de réduire la quantité de neige nécessaire à certains endroits (Roland Zegg, 2010, p. 88).

3. Salle des machines (compresseur 110 kW / Pompe 200 kW)

- La station des Planards se place comme le 3^{ème} plus gros consommateur avec 150'000 kWh en 2013.
- Un surdimensionnement du compresseur utilisé à la production d'air comprimé peut nuire à l'efficacité lors de la consommation de base. L'achat d'un deuxième compresseur permettant de couvrir les besoins à charge réduite et la permutation sur le compresseur plus puissant lors d'une

montée de charge permet de réduire l'énergie dépensée (Roland Zegg, 2010, p. 89).

- Afin de réduire la consommation de la pompe plusieurs mesures peuvent s'avérer efficaces : éviter les encombrements de l'écoulement à l'intérieur des conduites, dimensionner les conduites de manière à ce qu'elles soient assez larges, avoir un réseau de conduites simple, adapter la puissance de la pompe aux besoins, optimiser l'utilisation de la pompe. (Roland Zegg, 2010, p. 89).

4. Gestion des pistes

- Cartographier les pistes avec la hauteur d'enneigement à l'aide d'instrument spécifique¹⁹ afin de produire de la neige aux endroits spécifiques (Roland Zegg, 2010, p. 89).

8.5.3 Optimisation de la courbe de charge

L'enneigement artificiel nécessite de l'énergie de manière spontanée et c'est pourquoi ce type d'installation est sujet à la taxe de puissance. En 2013, les charges financières liées aux pics de puissances s'élevaient à 3'300.- francs. Dans le but de linéariser la courbe de charge, plusieurs optimisations sont possibles :

- Eviter le démarrage instantané, réguler la vitesse, privilégier un démarrage en douceur des compresseurs et de la pompe afin de lisser la pointe de charge et de diminuer la quantité d'énergie consommée (Roland Zegg, 2010, p. 89).
- Si les conditions météorologiques le permettent, planifier la production de neige sur plusieurs jours au lieu de la condenser.

Les besoins de neige extrêmes en début de saison forcent la production et posent problème pour la station :

- Limitation actuelle à 30 litres d'eau par seconde au niveau de la station de pompage afin d'éviter un manque d'eau pour les habitants du village de Vercorin.

¹⁹ L'entreprise GeoSat SA à Sion développe ce genre d'instrument, en partenariat avec Téléverbier SA et CGX System (Geosat SA, 2015).

- Un projet est en cours d'étude afin d'augmenter cette limite à 60 l/sec et ainsi pouvoir augmenter le pompage nécessaire à l'enneigement. (Perruchoud D. , 2015)

8.6 Préparation des pistes

8.6.1 Snowfarming

« On entend par « snowfarming » les mesures qui visent à limiter la perte de neige » (Roland Zegg, 2010, p. 90). Plusieurs mesures d'optimisation sont possibles :

- Installation de filets pare-neige qui empêchent le vent de souffler la neige aux endroits les plus touchés
- Utilisation de sciures ou de bâches synthétiques afin protéger des tronçons de piste ou des dépôts de neige

Exemple : La station de la Weisse Arena SA, située à 2500 mètres d'altitude, couvre en 2006 près de 20'000 m² de pistes et de halfpipe. Les résultats sont les suivants (Roland Zegg, 2010, p. 91):

- Une diminution de 40% des heures des dameuses pour la préparation des pistes durant la première année
- Les dépenses en diesel ont passées de 30'000 litres à 18'000 litres
- En 2007, 12'500 m² supplémentaires ont été couverts : 10'000 m³ de neige ont été produits au lieu de 30'000 m³.

8.6.2 Gestion des pistes - dameuses

L'utilisation des engins de damage afin de préparer les pistes a utilisé en 2013 50'000 litres de diesel, soit deux fois plus que le mazout utilisé pour le chauffage des bâtiments. En ce sens, une consommation faible des dameuses semble primordiale. De plus, l'utilisation d'instruments de gestion des pistes permet de définir la hauteur de la quantité de neige nécessaire afin d'optimiser la consommation d'énergie pour l'enneigement, mais aussi la préparation et la répartition de la neige (Roland Zegg, 2010, p. 92).

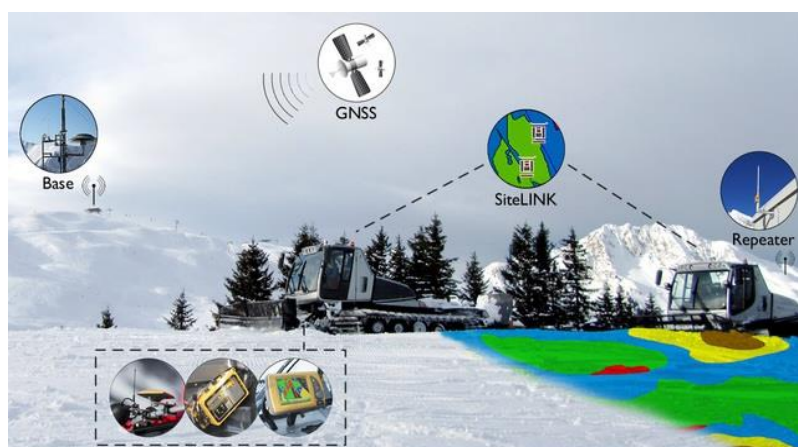
L'entreprise autrichienne Arena propose des solutions complètes permettant par exemple une production de neige ciblée, une détection des dépôts de neige, une répartition de la neige

équitable ou encore une base de données complète sur l'enneigement artificiel. Chaque machine serait équipée d'un système GPS qui communique la hauteur de neige. Ainsi, l'efficacité et l'efficacité des dameuses seraient accrues (PowerGIS Geografische Informationssysteme GmbH, 2015).

Selon l'étude faite par les RMS, un tel système de gestion des pistes permet, pour une station d'environ 200 ha, d'économiser entre 43'500 et 51'000 litres²⁰ de diesel, soit entre 65'000.- et 81'000.- francs²¹ (Roland Zegg, 2010, p. 93).

En rapportant ces proportions aux 80 hectares de pistes de Télévercorin SA, on peut

Figure 27 Solution de gestion de pistes de l'entreprise Arena



Source : (PowerGIS Geografische Informationssysteme GmbH, 2015)

espérer une économie potentielle de 19'000 litres diesel, soit 19'000.- francs d'économie, 38% (avec un prix moyen au 100 litres de diesel de 100.- (Migrol, 2015)).

Une dameuse consomme au minimum 20 litres à l'heure (Prinoth, 2015, p. 12). En considérant le relief du domaine de Vercorin, une moyenne de 30 litres à l'heure semble plus réaliste. En divisant les 19'000 litres de diesel économisés par la consommation moyenne, on obtient une économie de 630 heures de travail, soit 25'200.- francs pour un tarif horaire de 40.-/h.

²⁰ La moyenne suisse de consommation de diesel calculée sur 4 stations de ski suisses durant l'hiver 2008/9 se situait entre 1450 et 1700 litres par hectare (Roland Zegg, 2010, p. 93).

²¹ Le prix de référence établi était de 155.- francs pour 100 litres de diesel (Roland Zegg, 2010, p. 93).

Tableau 20 Economie heures de travail des dameuses

<i>Economie litres diesel</i>	18'900 litres
<i>Economie heures travail</i>	630 heures
<i>Economie salaire et diesel</i>	25 200.00 fr. 19 000.00 fr.
<i>Economie totale</i>	44 200.00 fr.

Source : Données de l'auteur

Une offre a été demandée à l'entreprise Arena en Autriche, les investissements nécessaires sont les suivants (PowerGIS Geografische Informationssysteme GmbH, 2015) :

- Conception d'un modèle numérique de terrain précis (plus d'un point par mètre, précision de +/- 10 cm) effectué généralement par survol de la zone ou relevés manuels par des géomètres. Le coût de l'opération est inconnu, estimation à 20'000.- francs.
- Installation de l'équipement nécessaire à la mesure de la hauteur de neige sur une dameuse pour commencer pour environ 35'000.- francs
- Gestion de la plateforme : 3000.- francs par année
- Cout total d'investissement : environ 60'000.- francs la première année

La rentabilité exacte du projet est difficile à calculer étant donné que la progression de l'efficacité du damage est échelonnée sur plus d'une année. Une première étape consisterait à mesurer la hauteur de neige en différents points durant une saison afin de calculer le calcul théorique de l'efficience.

8.7 Retenue collinaire

Un projet de retenue collinaire est prévu afin de disposer d'environ 30'000 m³ d'eau utile à l'enneigement artificiel des pistes du haut du domaine (Mont-Major, Cabanon, Tracuit). L'eau proviendrait de la source du Mont-Major mais également du bassin des Planards. Il faudrait près de 210 heures, soit 9 jours pour remplir le bassin avec un débit cumulé de 40 litres/seconde (Société de la Télécabine de Vercorin SA, 2008, p. 7). Ce projet aura comme avantage de bénéficier d'un stock d'eau qui ne nécessite pas ou très peu de pompage et donc une consommation d'énergie quasi nulle.

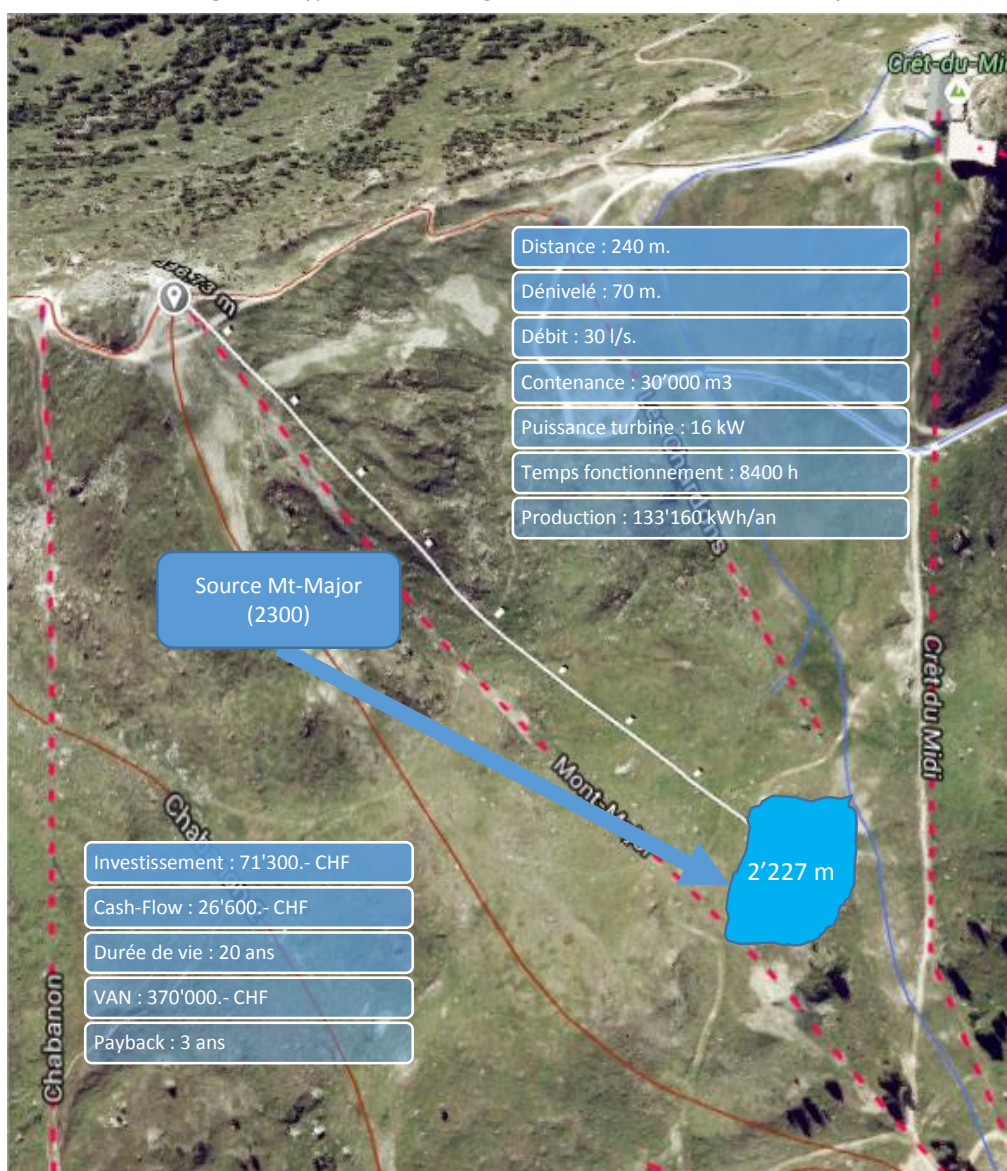
8.7.1 Refroidissement

L'eau de la retenue collinaire serait à une température comprise en 2.5 et 4°C (Société de la Télécabine de Vercorin SA, 2008, p. 7). Afin de refroidir au maximum l'eau, l'injection d'air comprimé au fond du bassin permet la création d'un flux allant du bas vers le haut. Ce dernier transporte de l'eau plus chaude vers un air ambiant froid, ce qui permet la fonte de la glace en surface et donc un refroidissement de l'eau (Roland Zegg, 2010, p. 89).

8.7.2 Turbinage de la source du Mont-Major

L'hypothèse suivante montre le potentiel du turbinage de la source du Mont-Major (détails de calculs à l'annexe XIII) :

Figure 28 Hypothèse : turbinage de l'eau de la source du Mont-Major



Source : (Google Maps, 2015) & (Société de la Télécabine de Vercorin SA, 2008) & données de l'auteur

Le potentiel de production électrique annuel²² s'élève à 133'160'000 kWh, soit 10% de la consommation électrique totale de la station ou encore 75% de la consommation électrique générée par l'enneigement technique. Le coût d'investissement a été calculé en prenant comme référence un prix de 4500.- francs par kW installé²³. Le prix de la RPC (20 centimes par kWh produit) est issu d'une estimation, la définition du prix exact nécessitant une date d'exécution du projet (Swissgrid, 2015). A condition que les données techniques et financières mentionnées se révèlent relativement justes, le projet serait rentabilisé en 3 ans.

8.7.2.1 Turbinage de la retenue collinaire (hypothèse)

Le but de cette retenue collinaire étant de fournir de l'eau utile au futur système d'enneigement artificiel situé sur la partie supérieure du domaine, il serait possible d'installer une turbine au fond des futures conduites qui profiterait de l'eau du trop-plein de la retenue pour produire de l'énergie électrique. Cette mesure nécessite des conduites forcées plus coûteuses et une hauteur de chute acceptable. Le turbinage se ferait bien évidemment hors fonctionnement des enneigeurs et essentiellement durant la saison d'été.

8.8 Remplacement d'un télési

Le remplacement du moteur du télési le plus énergivore et également l'un des plus vieux (1975) (Télévercorin SA, 2015), soit celui de Tracuit (20'000 kWh annuels), engendrerait un investissement (coût du moteur uniquement) d'environ 150'000.- francs (Glasse, 2015) pour une économie d'énergie d'environ 30%, soit 1'500.- francs par année. Le retour sur investissement dépassant les cent ans, cet investissement ne semble clairement pas intéressant.

8.9 Acheter de l'énergie à meilleur compte

Selon l'article 6 al 2 de la LApEl (Loi sur l'approvisionnement en électricité), « Sont considérés comme consommateurs captifs au sens du présent article les ménages et les autres consommateurs finaux qui consomment annuellement moins de 100 MWh par site de

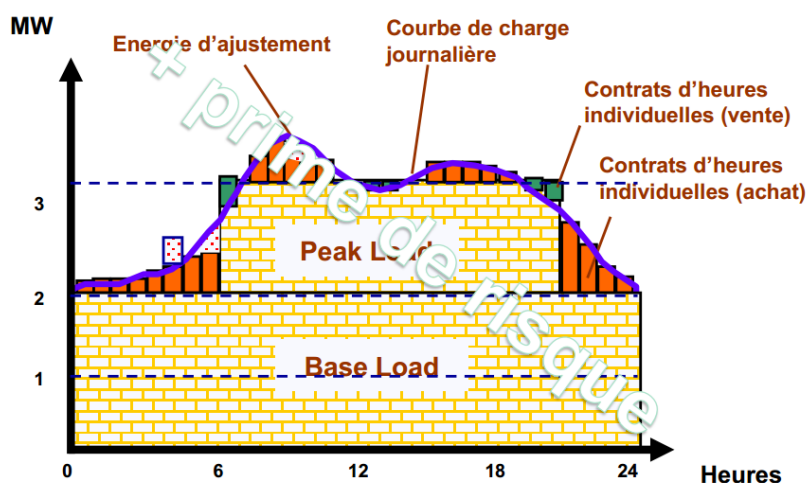
²² Le temps de fonctionnement supposé est de 8400 heures par an pour autant que la source du Mont-Major génère un débit suffisant tout au long de l'année.

²³ Le prix par kW de puissance installé prend également en compte les mètres de conduites nécessaires.

consommation » (Le Conseil Fédéral, 2015). La consommation de Télévercorin s'élevant à 1'300 MWh, la société est éligible pour rentrer sur le marché libre de l'électricité.

Avant de connaître le prix du mégawatt proposé par les fournisseurs, il est nécessaire d'analyser le profil de charge générale de la société. Malheureusement, Sierre-Energie ne disposant pas de ces informations, il ne sera pas possible d'effectuer l'analyse. L'analyse du profil de charge se fait à l'aide du logiciel Robotron.

Figure 29 Analyse d'une courbe de charge totale



Source : (Genoud, 2015, p. 20)

Différents prix seront définis selon le type d'énergie demandée (European Energy Exchange AG, 2015). Le 2 juillet 2015, les prix étaient les suivants :

- Base Load : il s'agit de l'énergie en ruban, prix relativement faible, 41 € le MWh
- Peak Load : il s'agit de l'énergie plus chère, issue de production hydraulique, charbon ou encore gaz, prix de 44 € le MWh.
- Energie d'ajustement : il s'agit de l'énergie nécessaire qui n'a pas été prévue. Elle s'achète au prix fort, issue essentiellement de production hydraulique à accumulation.

Il est également possible de demander des offres aux fournisseurs d'énergie tels que Romande Energie ou encore Groupe E afin de comparer le prix du kWh²⁴.

²⁴ Dans le cas d'un changement de fournisseur, seul le prix relatif à la fourniture d'énergie varie, Télévercorin SA continuera à payer les autres charges à Sierre-Energie

9 Conclusion des pistes d'optimisations

Figure 30 Consolidation des pistes d'optimisation

Installations	Consommation 2013 [kWh]	Mesures	Période	% d'économie potentielle par mesure	Economie potentielle générale annuelle	Estimation de la réalisation
Télécabine						
	679'550 kWh	Optimisation du fonctionnement	Eté	50% / consommation électrique télécabine	20%	
		Réduction de la vitesse	Hiver	16% / consommation électrique télécabine		
Restaurant						
	130'808 kWh	Optimisation appareils	Annuel	50% / consommation électrique appareils	25%	
		Formation du personnel		15% / consommation électrique restaurant		
		Gestion de la veille		20% / consommation électrique appareils		
		Adaptation de la ventilation		30% / consommation électrique restaurant		
		Eclairage		30% / consommation électrique éclairage		
	21 485 l. mazout	Délesteur	Annuel	50% / taxe de puissance	50%	
		Courbe de chauffe (jour/nuite)		40% / chauffage restaurant	40%	
		Vannes thermostatiques		15% / chauffage restaurant		
		Echangeur de chaleur		20% / chauffage restaurant		
	Adaptation de la température ECS	30% / chauffage restaurant				
Bâtiment administratif - Station de Vercorin						
	51'130 kWh	EcoWizz	Annuel	20% / consommation électrique bâtiment administratif	10%	
	3 560 l. mazout	Panneaux PV		9% / consommation électrique bâtiment administratif		
Station intermédiaire - Sigeroulaz						
	96'179 kWh	Récupération chaleur moteurs	Annuel	60% / chauffage station intermédiaire	80%	
		Panneaux PV		26% / consommation électrique station intermédiaire		
Enneigement artificiel						
	177'564 kWh	Optimisation sans frais d'investissem	Annuel	10% / consommation électrique enneigement artificiel	20%	
		Optimisation avec investissements	Annuel	10% / consommation électrique enneigement artificiel		
		Optimisation de la courbe de charge	Hiver	10% / taxe de puissance		
Préparation des pistes						
	49 780 l. mazout	"Snowfarming"	Hiver	30% / heures de dameuses	30%	
		Système de gestion des pistes		38% / litres de diesel		
Turbinage source du Mont-Major						
	-	Turbinage 32 kW	Annuel	10% / consommation électrique totale	10%	
Achat d'énergie - marché libre						
	-	Choix d'un fournisseur compétitif	Annuel	10% / prix du MWh	10%	

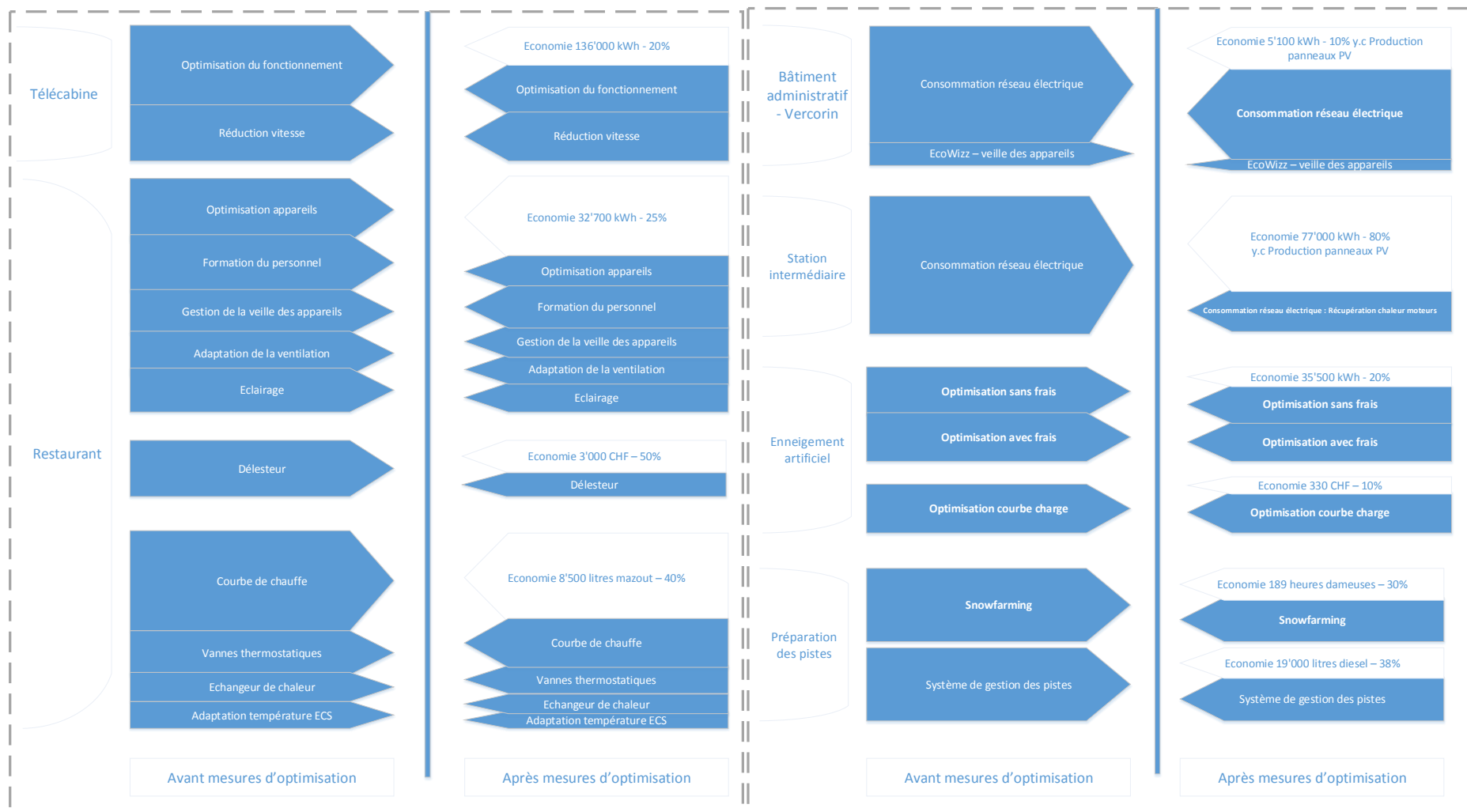
Exemple de compréhension : Les 30 % d'économie de la mesure du restaurant "adaptation de la température ECS" sont calculés sur la part du chauffage allouée à l'eau chaude sanitaire

Echelle de couleur : Rouge : estimation des coûts d'installation et mise en place complexe, nécessite une étude spécifique

Vert : mise en place relativement simple, payback et rentabilité intéressants

Source : Données de l'auteur

Figure 31 Economies potentielles avant et après application des mesures d'optimisation



Source : Données de l'auteur

Le tableau de consolidation ci-dessus énumère l'ensemble des pistes d'optimisation relevées dans cette étude énergétique. La dernière colonne « économie potentielle générale annuelle » propose un pourcentage d'économie d'énergie pondéré selon les mesures énoncées par secteur.

La figure 31 illustre, en termes de gains d'énergie électrique, de mazout ou de francs, l'impact des différentes mesures proposées dans le tableau de consolidation.

Les mesures proposées dans le tableau de consolidation nécessitent des études techniques plus poussées afin de s'assurer que les investissements nécessaires soient cohérents avec les gains attendus.

10 Conclusion et limites de l'étude

La présente étude a permis de démontrer qu'une augmentation de l'efficacité énergétique au sein de Télévercorin SA est possible.

Les moteurs de la télécabine consomment à eux seuls 50% de la consommation électrique totale de la société, ils sont donc susceptibles de fournir, par le biais de mesures d'optimisations, le gain d'énergie électrique le plus important. Pour l'exploitant, la difficulté réside dans le compromis idéal entre la consommation électrique et la satisfaction des clients (débit de la télécabine).

Un potentiel important existe aussi à la station intermédiaire avec la récupération de chaleur des moteurs pour chauffer les ateliers ainsi que l'installation de panneaux solaires. Ces mesures sont cependant onéreuses et le retour sur investissement est vraisemblablement trop long par rapport à la capacité financière de la société.

L'installation d'un système de mesures de la hauteur de neige permettrait des économies substantielles de production de neige et par voie de conséquence, des heures de damage. Une première étape consisterait à mesurer la hauteur de neige en différents points durant une saison afin de réaliser un calcul théorique de l'efficacité.

La rentabilité de Télévercorin SA étant relativement faible et sa capacité d'investissement, au stade actuel, quasi nulle, la mise en place d'un programme d'efficacité énergétique devra être espacée dans le temps.

La complexité énergétique d'une société de remontées mécaniques telle que Télévercorin SA nécessite indubitablement une gestion de base de données dynamique relative aux diverses consommations. L'exploitation des données brutes ne permettant pas de faire une analyse fine, il a fallu fournir un effort considérable dans l'élaboration d'une base de données complète, dynamique et cohérente. De plus, l'étendue et la diversité des installations en place ont nécessité des lectures et interviews complémentaires qui ont créé les bases nécessaires à la compréhension de ces installations d'un point de vue de la gestion énergétique. Les mesures proposées nécessitent des études techniques plus poussées afin de s'assurer que les investissements nécessaires soient cohérents avec les gains attendus.

11 Bibliographie

- Agence les bosquets Vercorin. (s.d.). *Agence les bosquets Vercorin*. Consulté le Février 22, 2015, sur bosquets: <http://www.bosquets.ch/vercorin.shtm>
- Antenne Régions Valais Romand. (s.d.). *Nouvelle Politique Régionale (NPR)*. Consulté le Février 25, 2015, sur [regionvalaisromand.ch](http://www.regionvalaisromand.ch): <http://www.regionvalaisromand.ch/entreprise/nouvelle-politique-regionale-104.html>
- Bächler. (2015, 1 Juillet). *NESSy ZeroE*. Récupéré sur www.bachler.ch: <http://www.bachler.ch/ProdukteBeschneigung/NESSyZeroE/tabid/4354/Default.aspx>
- Bergbahnen. (s.d.). *Seilbahndatenbank - 10-KBK Vercorin-Siegeroula (Vercorin)*. Consulté le Avril 13, 2015, sur www.bergbahnen.org: <http://www.bergbahnen.org/seilbahn/3393/de/daten.php>
- Bonvin, M. (2015, Mai 5). Coefficient efficacité théorique. (S. Perruchoud, Intervieweur) Sierre.
- Bonvin, M. (2015, Mars 31). Récupération de chaleur des moteurs de la télécabine. (S. Perruchoud, Intervieweur)
- Brunner, J., Raboud, V., Laurent, C., & Perruchoud, S. (2015). *Les énergies renouvelables de la commune de Saint-Martin*. Sierre.
- ClimatePartner. (2009). *Studie Emissionsermittlung für Seilbahnen, Doppelmayr Seilbahnen GmbH*.
- Comina, R. (2015, Juin 3). Responsable de l'enneigement technique de Télévercorin SA. (S. Perruchoud, Intervieweur)
- Commune de Chalais. (2011). *Bulletin d'information du conseil communal*. Chalais: Chalais Infos.
- Commune de Chalais. (s.d.). *Bienvenue à Chalais*. Consulté le Février 21, 2015, sur Commune de Chalais: <http://www.chalais.ch/>

Confédération Suisse. (2009). *ENERGETISCHE BEDEUTUNG DER TECHNISCHEN PISTENBESCHNEIUNG UND POTENTIALE FÜR ENERGIEOPTIMIERUNGEN*. Berne.

Doppelmayr/Garaventa. (2015, Avril 27). *8-MGD Mileniumski Krst*. Récupéré sur <http://www.doppelmayr.com/>:
<http://www.doppelmayr.com/fr/produits/references/8-mgd-mileniumski-krst/>

EcoWizz. (2015, Juin 30). *C'est parti pour les économies d'énergie !* Récupéré sur www.ecowizz.net/: <http://www.ecowizz.net/produit>

Electricité guide. (s.d.). *Le délesteur*. Consulté le Juin 29, 2015, sur www.electriciteguide.com:
<http://www.electriciteguide.com/actualites/le-delesteur.htm>

energie-environnement. (2015, Juin 17). *Situer sa consommation de chauffage*. Récupéré sur www.energie-environnement.ch/:
<http://www.energie-environnement.ch/economiser-le-chauffage/situer-sa-consommation-de-chauffage>

Energie-environnement. (s.d.). *Situer sa consommation de chauffage*. Consulté le Juin 24, 2015, sur <http://www.energie-environnement.ch/>:
<http://www.energie-environnement.ch/economiser-le-chauffage/situer-sa-consommation-de-chauffage>

EnergiePlus. (2015, Juillet 3). *Les régulateurs climatiques et le réglage des courbes de chauffe*. Récupéré sur www.energieplus-lesite.be/:
<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10959>

EnergiePlus. (2015, Juillet 3). *Les types de programmeurs d'intermittence*. Récupéré sur www.energieplus-lesite.be:
<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10962>

European Energy Exchange AG. (2015, Juillet 2). *Auction - EPEXP Spot*. Récupéré sur www.eex.com:
<https://www.eex.com/en/market-data/power/spot-market/auction#!/2015/07/03>

Genoud, S. (2015). *Analyse des marchés de l'électricité*. Sierre.

Geosat SA. (2015, Juillet 1). *Domaines Skiables*. Récupéré sur www.geosat.ch/:
<http://www.geosat.ch/?p=projet&id=6>

- Glasse, F. (2015, avril 6). Informations générales sur les données techniques. (S. Perruchoud, Intervieweur)
- Google Maps. (2015, avril 4). *Google Maps*. Récupéré sur www.google.ch:https://www.google.fr/maps/@46.2725566,7.5341399,4926a,20y,180h,40.59t/data=!3m1!1e3
- Hager Suisse. (2013, Janvier). *Délesteurs*. Consulté le Juin 29, 2015, sur www.hager.ch/:
<http://www.hager.ch/produits-nouveautes/distribution-d-energie-installation/commande-signalisation-mesure/contacteurs/delesteurs/100711.htm>
- Hotelleriesuisse. (2010). *Gestion de l'énergie dans l'hôtellerie*. Récupéré sur www.hotelleriesuisse.ch:
https://www.hotelleriesuisse.ch/files/pdf1/Gestion_de_lnergie_dans_lhtellerie.pdf
- Joint Research Centre. (2012, Février 10). *Photovoltaic Geographical Information System*. Récupéré sur re.jrc.ec.europa.eu: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- Le Conseil Fédéral. (2015, Juin 27). *Loi sur l'approvisionnement en électricité*. Récupéré sur www.admin.ch:
<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20042411/index.html>
- Le Robert. (2002). *Le Robert*. Paris: Editions France Loisirs. Consulté le Février 25, 2014
- Leimgruber, J., & Urs, P. (2007). *La comptabilité comme instrument de gestion*. Zurich: VERLAG:SKV.
- Mesfournisseurs. (2015, Juin 29). *Combien de kWh équivalent à 1 litre de mazout?* Récupéré sur www.mesfournisseurs.be:
<https://www.mesfournisseurs.be/energie/faqs/combien-de-kwh-equivalent-a-1-litre-de-mazout>
- Migrol. (2015, Juin 25). *Indice des prix du mazout*. Récupéré sur www.migrol.ch/:
http://www.migrol.ch/fr/desktopdefault.aspx/tabid-50/118_read-95/

Observation, développement et ingénierie touristiques France. (2009). *Les chiffres clés du tourisme de montagne en France*. ODIT France. Récupéré sur <http://www.institut-montagne.org/nuxeo/nxfile/default/1997dfbb-70c0-4721-b4fd-9acbaa06aa41/blobholder:0/2009-PDF-chiffrescles-montagne.pdf>

Observatoire Valaisan du Tourisme. (2012). *Focus*. Sierre: Observatoire Valaisan du Tourisme.

Office fédéral de l'énergie OFEN. (2013, Avril 4). *Nouvelles centrales nucléaires*. Récupéré sur Confédération suisse: <http://www.bfe.admin.ch/themen/00511/03820/index.html?lang=fr>

Perruchoud, D. (2015, Mars 9). Membre du comité d'administration. (S. Perruchoud, Intervieweur)

Perruchoud, S., Papilloud, L., & Gabioud, L. (2014). *Solutions d'optimisation de la consommation des appareils en veille*. Sierre.

PowerGIS Geografische Informationssysteme GmbH. (2015, Juillet 2). Wals-Siezenheim, Autriche.

PowerGIS Geografische Informationssysteme GmbH. (2015, Juillet 1). *Matériel & Technique*. Récupéré sur www.pistenmanagement.at/: <http://www.pistenmanagement.at/fr/solution/mesure-de-hauteur-de-neige/materiel-technique>

Prinoth. (2015, Juillet 1). *EVEREST*. Récupéré sur <http://fr.prinoth.com/>: <http://fr.prinoth.com/content/download/19333/638792/version/5/file/PRI-081918-RZ-F-Folder-NewEV-LOW.pdf>

Quelques notions financières de base. (2015, Juin 30). *La Valeur Actuelle Nette : la VAN*. Récupéré sur <http://notions-de-base.blogspot.ch/>: <http://notions-de-base.blogspot.ch/2008/06/la-valeur-actuelle-nette-la-van.html>

Quelques notions financières de base. (2015, Juin 30). *Le Taux Interne de Rentabilité (TIR)*. Récupéré sur <http://notions-de-base.blogspot.ch/>: <http://notions-de-base.blogspot.ch/2008/06/le-taux-interne-de-rentabilit-tir.html>

Remontées Mécaniques d'Anniviers & Vercorin. (2014). *Rapport d'activité 2013-2014*. Vercorin.

Remontées mécaniques d'anniviers. (2015, Avril 15). *Dates et horaires été 2014*. Récupéré sur <http://www.rma.ch/>: <http://www.rma.ch/anniviers/suisse/ski-valais/dates-horaires-ete.html>

Remontées Mécaniques Suisses. (2014). *Faits et chiffres*. Consulté le Février 21, 2015, sur <http://seilbahnen.org/>: <http://seilbahnen.org/fr/La-branche/Faits-chiffres/Faits-chiffres>

Roland Zegg, T. K. (2010). *Gestion énergétique des remontées mécaniques*. Berne/Coire: Remontées Mécaniques Suisses.

RTS. (2015, Février 11). *Le réchauffement climatique inquiète les stations de ski de moyenne altitude*. Récupéré sur RTS: <http://www.rts.ch/play/tv/le-19h30/video/le-rechauffement-climatique-inquiete-les-stations-de-ski-de-moyenne-altitude?id=6535801>

Seilbahn.net. (2010, Janvier 20). *WEBMARK Seilbahnen: Kitzsteinhorn baut Positionierungsstrategie auf Gästebefragung von MANOVA auf*. Récupéré sur www.seilbahn.net: <http://seilbahn.net/sn/index.php?i=60&news=2611&zurueck=1&titel=WEBMARK%20Seilbahnen:%20Kitzsteinhorn%20baut%20Positionierungsstrategie%20auf%20G%E4stebefragung%20von%20MANOVA%20auf>

Sierre-Energie SA. (2014, Février 1). Facture d'électricité. Sierre, Valais, Suisse.

Sierre-Energie SA. (2014, Mars 25). RM-Vercorin_ele_2013_consolidé. Sierre, Valais, Suisse.

Sierre-Energie SA. (2015, Mars 2). Graphique Sierre Energie SA 2015. Sierre, Valais, Suisse.

Sierre-Energie SA. (2015, Mai 1). RM-Vercorin_ele_2014_consolidé. Sierre, Valais, Suisse.

Sierre-Energie SA. (2015, Mars 23). *Tarifs 2015*. Récupéré sur www.sierre-energie.ch: [http://www.sierre-](http://www.sierre-energie.ch/)

energie.ch/data/documents/electricite/Tarifslectricit2015_entreprises100ampres.pdf

Sierre-Energie SA. (2015). *Tarifs*. Consulté le Mars 30, 2015, sur <http://www.sierre-energie.ch/>: <http://www.sierre-energie.ch/services-industriels/tarifs-19.html>

Snowstar. (s.d.). *Taurus 2.0*. Consulté le Juin 8, 2015, sur <http://www.sufag.com/>: http://www.sufag.com/sufag/index.php?option=com_content&view=article&id=381&Itemid=220&lang=fr

Société de la Télécabine de Vercorin SA. (2008). *Conception directrice de l'enneigement technique*. Vercorin.

Swiss Academy of Sciences. (2007). *Les changements climatiques et la Suisse en 2050 (2007)*. Récupéré sur www.proclim.ch: <http://www.proclim.ch/4dcgi/proclim/fr/Media?855>

Swissgrid. (2015, Juillet 2). *Tarificateur pour petite centrale hydraulique*. Récupéré sur www.guarantee-of-origin.ch: <https://www.guarantee-of-origin.ch/swissforms/TarifWas.aspx?Language=FR>

Swissgrid. (2015, Juillet 4). *Tarificateur pour petite centrale photovoltaïque*. Récupéré sur www.guarantee-of-origin.ch/: <https://www.guarantee-of-origin.ch/swissforms/TarifPho.aspx?Language=FR>

Swisstopo. (s.d.). *vsgis.ch*. Consulté le Juin 24, 2018, sur www.vsgis.ch: <http://81.201.203.196/mapserver2015/fusion/templates/mapguide/slate/index.html?ApplicationDefinition=Library%3a%2f%2fChalais%2fLevel1.ApplicationDefinition&locale=fr>

TechnoAlpin. (2015, Juin 12). *Logiciel de commande*. Récupéré sur www.technoalpin.com/: <http://www.technoalpin.com/en-us/solutions/control-software.html>

TechnoAlpin. (2015, Juin 8). *What we offer*. Récupéré sur <http://www.technoalpin.com/>: http://www.technoalpin.com/files/t60_4.jpg

TechnoAlpin. (s.d.). *GÉNÉRATEURS DE NEIGE*. Consulté le Juin 8, 2015, sur www.technoalpin.com/: <http://www.technoalpin.com/fr/enneigeurs.html>

Télévercorin SA. (2015, Mars 15). Données Techniques. Vercorin, Valais, Suisse.

Télévercorin SA. (2015, Mai 21). PASSAGES 2011-2015. Vercroin, Valais, Suisse.

Télévercorin SA. (2015, Mai 21). Passages totaux Eté 2013. Vercorin, Valais, Suisse.

Thomas, L. (2009). *ENERGETISCHE BEDEUTUNG DER TECHNISCHEN PISTENBESCHNEIUNG UND POTENTIALE FÜR ENERGIEOPTIMIERUNGEN*. Berm.

Val d'anniviers. (s.d.). *Vercorin*. Consulté le Février 28, 2015, sur www.valdannivers.ch: <http://www.valdannivers.ch/tourisme/vercorin.html>

Wikipédia. (2015, Février 14). *Puissance (physique)*. Récupéré sur Wikipédia: http://fr.wikipedia.org/wiki/Puissance_%28physique%29

12 Listes des annexes :

Annexe I: Présentation de la société de Télévercorin SA.....	71
La société Télévercorin SA.....	71
Etat des lieux.....	74
Annexe II : Données techniques des installations.....	75
Annexe III : Courbe de charge traction 1 du 02.03.2015 au 06.03.2015	77
Annexe IV : Besoin d'électricité de Télévercorin SA	78
Annexe V : Charges liées aux pics de puissance.....	78
Annexe VI : Structure et coûts de la consommation 2013 de Télévercorin SA	79
Annexe VII : Coefficient efficacité théorique	79
Annexe VIII : Consommation de diesel par hectare / nombre de premiers passage	80
Annexe IX : Pics de puissance du restaurant.....	81
Annexe X : Consommation en veille des appareils de bureau chez CimArk.....	82
Annexe XI : Station de départ - Installation de panneaux PV – calculs financiers.....	83
Annexe XII : Station intermédiaire - Installation de panneaux PV – calculs financiers.....	84
Annexe XIII : Turbinage source Mont-Major – calculs financiers	85
Annexe XIV : Données de base Sierre-Energie.....	86

Annexe I: Présentation de la société de Télévercorin SA

La société Télévercorin SA

Vercorin est un village au charme et à l'authenticité unique. Situé à 1334 mètres, il offre à ses 600 habitants mais également à ses nombreux touristes un panorama exceptionnel. Sa liaison à la plaine via sa ligne de téléphérique assure un accès facilité. En hiver, la station dispose d'un domaine skiable de 35 kilomètres de pistes (allant de 1334 mètres – Vercorin – à 2336 mètres – Crêt-du-Midi) et est proche des autres domaines skiables du Val d'Anniviers. La station propose aussi des nombreuses activités annexes telles que la randonnée à raquettes, de la randonnée pédestre hivernale, des chemins de peaux de phoque mais également 16 kilomètres de piste de ski de fond (Val d'anniviers, s.d.).

Outre ces offres hivernales, Vercorin possède toutefois un panel d'activités estivales étoffé : (Val d'anniviers, s.d.)

- 240 km de randonnées pédestres
- Parapente, circuit des 3 bisces, VTT
- Tennis, minigolf, pétanque, escalade, trottinettes, paintball
- La Forêt aventure
- L'Arche des Crébillons (ferme agrotouristique)
- Randonnées avec les ânes
- Visites du vieux village, sentiers didactiques, galeries d'art
- Centre sportif du Lavioz
- Terrasses musicales

Figure 32 Village de Vercorin



Source : (Agence les bosquets Vercorin, s.d.)

Courant 2010, la société voit la concession de la télécabine Vercorin – Crêt-du-midi arriver à échéance à fin octobre 2016. Un remplacement de l'installation actuelle était désormais indispensable afin de répondre aux exigences légales. Outre ces aspects réglementaires, les exigences grandissantes de ses clients ont forcé la société à développer sa compétitivité. Les actionnaires majoritaires ne pouvant pas répondre à un tel investissement, la commune de Chalais a proposé le rachat de la société afin d'assurer un nouveau développement à la station de Vercorin. Afin de chiffrer les investissements nécessaires et de proposer un plan d'action à l'assemblée primaire, un appel d'offres a été lancé et le choix de la société s'est finalement porté sur une nouvelle télécabine ayant une capacité horaire de 1200 personnes, 10 places assises par cabine pour un coût total estimé à 13,6 millions de francs (Commune de Chalais, 2011, p. 4). De plus, 1.4 millions de francs supplémentaires seront investis dans le développement et le renouvellement d'installations afin d'assurer l'enneigement artificiel jusqu'au Crêt-du-Midi. Cela faisait depuis 1973 que la commune de Chalais n'avait plus investi dans la société, ce qui pourrait expliquer le retard de Télévercorin SA au regard des stations concurrentes (Commune de Chalais, 2011, p. 6).

En mai 2011, la Commune de Chalais convoqua l'assemblée primaire afin de se prononcer sur l'achat de 4646 actions de la société de Télévercorin SA SA (350 CHF par action, soit un total de 1'626'100CHF, représentant 44.42% du capital de la SA). Elle possédait avant le rachat d'actions, 1'625 actions, soit le 15.54% du capital social. Outre le rachat d'actions, la commune soumet la possibilité de souscription à l'augmentation du capital de la SA de 6'000'000 CHF pour un montant maximum de 3'000'000 CHF. Afin de financer l'achat d'actions mais également l'augmentation de capital, le conseil communal propose de recourir à l'emprunt pour un montant maximal de 4'600'000 CHF. Dans l'optique de création de lits chauds au sein d'un complexe, un vote de principe concernant la modification du plan d'affectation des zones (PAZ) et du règlement communal des constructions et des zones a été soumis. (Commune de Chalais, 2011, p. 2).

Ces différents aspects faisant l'objet de la votation constituent les éléments clés essentiels à la continuité de l'exploitation de la société. Un investissement total de 15 millions de francs sera financé de la manière suivante : des fonds propres s'élevant à 6 MCHF afin d'assurer des prêts divers à hauteur des 9 MCHF restant (Commune de Chalais, 2011, p. 4). Ce mode de

financement est très répandu dans le domaine, c'est pourquoi la majeure partie des remontées mécaniques valaisannes est financée d'une part par des investisseurs privés locaux et d'autre part par le soutien des collectivités publiques. (Commune de Chalais, 2011, p. 5).

« L'engagement de la Commune doit être compris dans le sens que son intervention va donner un coup d'accélérateur bénéfique aux investissements souhaitables et permettre d'écrire une nouvelle page de l'histoire touristique de Vercorin. Il est indispensable que le capital social d'une telle société soit largement répandu dans le public. Les remontées devraient concerner tous les acteurs touristiques ainsi que les propriétaires de résidences et de terrains. La Commune par son engagement entraînera nécessairement ces privés. A défaut, il est à se demander si le développement touristique vaut la peine d'être soutenu. » (Commune de Chalais, 2011, p. 6).

Cet extrait met en exergue l'importance du financement de la commune dans la société qui permettrait non seulement de subvenir aux besoins financiers mais également de « responsabiliser », d'inciter les résidents à investir. Sans une intervention financière de la commune, la pérennité des remontées mécaniques de Vercorin se trouve fortement menacée et dans ce cas, les efforts fournis afin de garantir une certaine attractivité touristique au sein de village ne semblent plus légitimes. Le rachat d'actions proposé par la commission communale ferait grimper la participation de la commune à un peu moins de 60% du capital-actions de la société. Le but de la commune n'étant pas de régner en tant qu'actionnaire majoritaire, sa participation diminuera au fil du temps par le biais d'augmentations du capital-actions.

Les divers éléments énoncés par la commission communale (achats d'actions, emprunt et modification du plan d'affectation des zones (PAZ)) et proposés à l'assemblée primaire positionnent la commune de Chalais en tant que leader pour Télévelcorin SA, pour autant que

Figure 33 Commune de Chalais



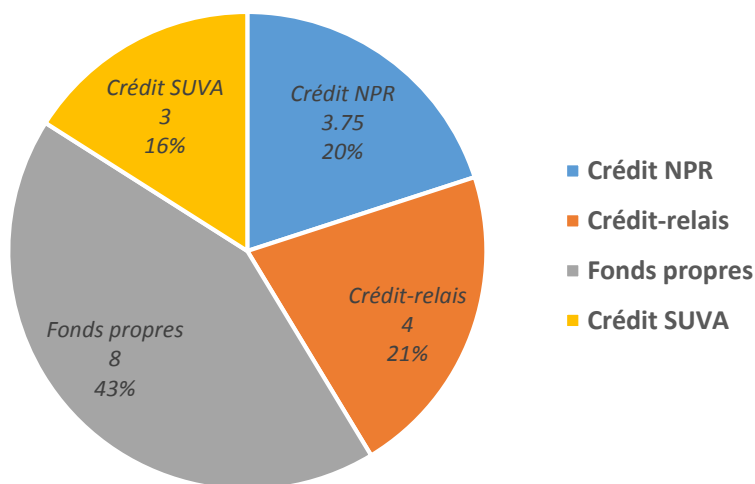
la collaboration entre les différents acteurs touristiques mais aussi les propriétaires du patrimoine foncier du village soit efficace.

Etat des lieux

A fin décembre 2014, le financement de Télévercorin SA se présentait comme suit :

Figure 34 Etat du financement décembre 2014

Etat du financement décembre 2014 (en million)



Source : Données de l'auteur

Le coût global des investissements nécessaires à la modernisation de la station s'est finalement élevé à 18.8 millions de francs. Pour ce faire, la société Télévercorin SA a réussi à obtenir un prêt NPR²⁵ de 3.75 MCHF, 4 MCHF d'un crédit-relais avec la BCV's, qui sera emprunté par la commune afin de bénéficier de taux d'intérêts plus avantageux et de garantie sûres, 3 MCHF supplémentaires est emprunté à la SUVA par le biais de la commune également et finalement 8 MCHF provenant de fonds propres.

²⁵ Crédit NPR : nouvelle politique régionale. Le but de la NPR est de renforcer la compétitivité des régions et d'augmenter la création de valeur ajoutée, de maintenir les places de travail dans les régions et d'en créer de nouvelles (Antenne Régions Valais Romand, s.d.)

Annexe II : Données techniques des installations

TK.Crêt			Mt. Major		
Données techniques		journalier	Données techniques		journalier
Année de mise en service	1973		Année de mise en service	1974	
Dernière modification	2003		Dernière modification	1998	
Nbr. d'heures		8h.00	Nbr. d'heures		8h.00
Longeur inclinée	743 m.		Longeur inclinée	681	
Dénivellation	160 m.		Dénivellation	176	
Vitesse max.	3.5 m/s.		Vitesse max.	3.5 m/s.	
Débit	840		Débit	760	
Nbr. Véhicules	90	cannes	Nbr. Véhicules	90	cannes
Pers. Transportées / année			Pers. Transportées / année		
Moteur :	P. installée	44 KW.	Moteur :	P. installée	44 KW.
	Anné de mise en serv.	2003		Anné de mise en serv.	1974
Type de moteur	A bagues		Type de moteur	A bagues	
Local.			Local.		
Chauffage	900 W.	Direct.	Chauffage	900 W.	Direct.
Tk. Cabanon			Tk. Tracuit		
Données techniques			Données techniques		
Année de mise en service	1990		Année de mise en service	1975	
Dernière modification	1990		Dernière modification		
Nbr. d'heures		8h.00	Nbr. d'heures		8h.00 / jour
Longeur inclinée	898 m.		Longeur inclinée	1370 m.	
Dénivellation	242 m.		Dénivellation	384 m.	
Vitesse max.	3.6 m/s.		Vitesse max.	3.8 m/s.	
Débit	900		Débit	800	
Nbr. Véhicules	90	cannes	Nbr. Véhicules	130	cannes
Pers. Transportées / année			Pers. Transportées / année		
Moteur :	P. installée	74 KW.	Moteur :	P. installée	92 KW.
	Anné de mise en serv.	1990		Anné de mise en serv.	
Type de moteur	A bagues		Type de moteur	A bagues	
Local.			Local.		
Chauffage	900 W.	Direct.	Chauffage	900 W.	Direct.

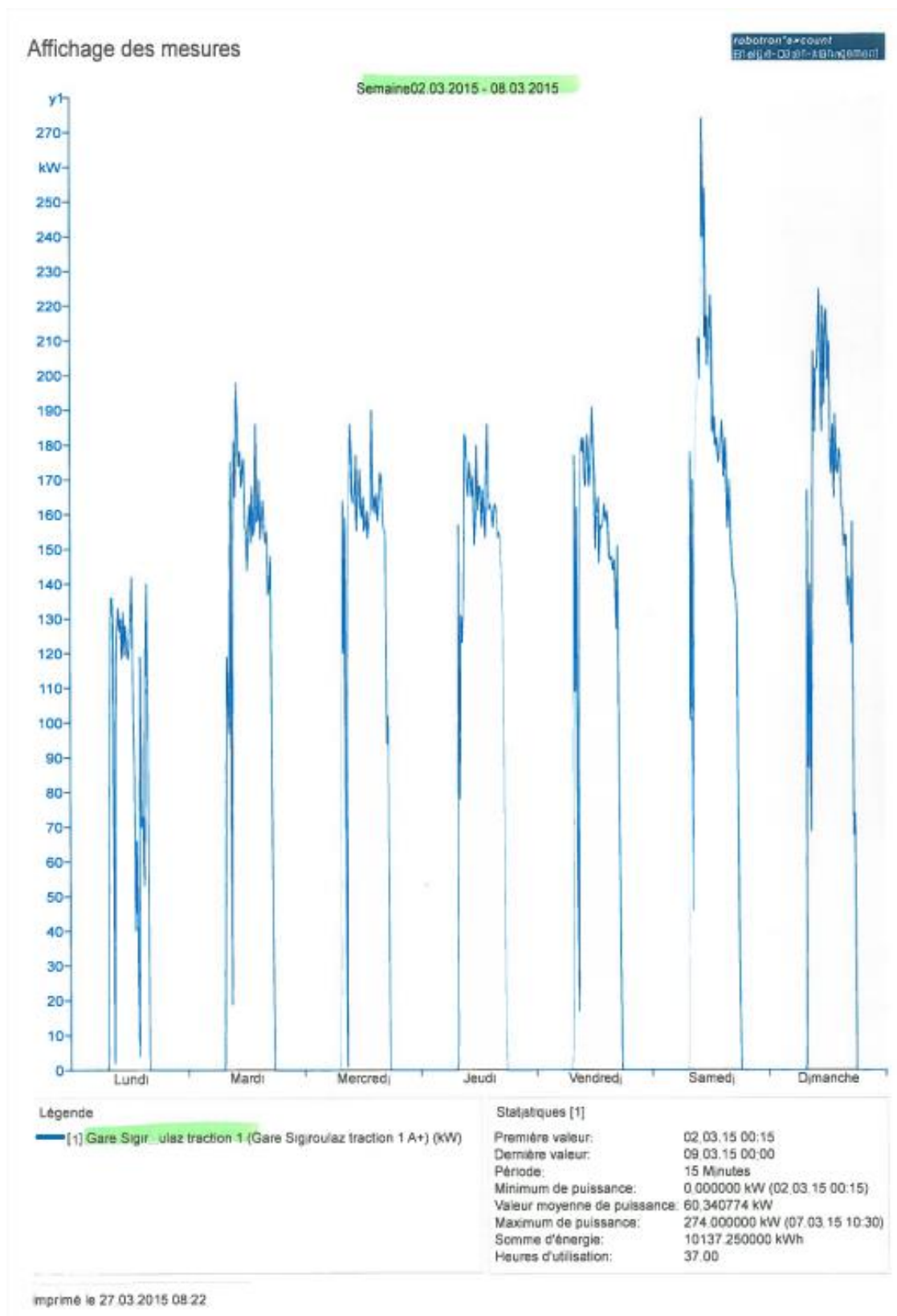
Source : (Télévercorin SA, 2015)

*Débit : suppose des personnes par heure

Tk. Sigeroulaz			Tk. Les Chardons		
Données techniques			Données techniques		
Année de mise en service	1981		Année de mise en service	1978	
Dernière modification	1981		Dernière modification		
Nbr. d'heures		8h.00	Nbr. d'heures		8h.00 / jour
Longeur inclinée	1770 m.		Longeur inclinée	330	
Dénivellation	529 m.		Dénivellation	80	
Vitesse max.	3.6 m/s.		Vitesse max.	2.2 m/s.	
Débit	600		Débit	590	
Nbr. Véhicules	130	cannes	Nbr. Véhicules	35	cannes
Pers. Transportées / année			Pers. Transportées / année		
Moteur :	P. installée	110 KW.	Moteur :	P. installée	18 KW
	Anné de mise en serv.	1981		Anné de mise en serv.	1978
Type de moteur	A bagues		Type de moteur	A bagues	
Local.			Local.		
Chauffage	900 W.	Direct.	Chauffage	900 W.	Direct.
Tk. Lavioz 1			Tk. Lavioz 2		
Données techniques			Données techniques		
Année de mise en service	1981		Année de mise en service	2003	
Dernière modification	1981		Dernière modification	2003	
Nbr. d'heures		8h.00	Nbr. d'heures		8h.00
Longeur inclinée	120		Longeur inclinée	21 m.	
Dénivellation	25		Dénivellation	2 m.	
Vitesse max.	1.6 m/s.		Vitesse max.	0.6 m/s.	
Débit	500 Pers./h.		Débit	400 Pers./h.	
Nbr. Véhicules	30	Poignées	Nbr. Véhicules	Tapis	
Pers. Transportées / année			Pers. Transportées / année		
Moteur :	P. installée	6.6 KW.	Moteur :	P. installée	4 KW.
	Anné de mise en serv.			Anné de mise en serv.	2003
Type de moteur	asynchrone		Type de moteur	asynchrone	
Local.			Local.		
Chauffage	900 W.	Direct.	Chauffage	Aucun	
Tk. Lavioz 3			TC.10 Vercorin Sigeroulaz Crêt du Midi		
Données techniques			Données techniques		
Année de mise en service	1993		Année de mise en service	2012	
Dernière modification	1993		Dernière modification	2012	
Nbr. d'heures		8h.00	Nbr. d'heures		9h.00
Longeur inclinée	90		Longeur inclinée	2881	
Dénivellation	8		Dénivellation	1004	
Vitesse max.	1.2		Vitesse max.	6 m/s.	
Débit	400 Pers./h.		Débit	1200 Pers./h.	
Nbr. Véhicules		Poignées	Nbr. Véhicules	41	
Pers. Transportées / année			Pers. Transportées / année		
Moteur :	P. installée	2.8KW.	Moteur :	P. installée	2 X 500 KW
	Anné de mise en serv.			Anné de mise en serv.	2012
Type de moteur	asynchrone		Type de moteur	2 X asynchrone	
Local.			Local.		
Chauffage	900 W.	Direct.	Chauffage	900 W.	Direct.

Source : (Télévercorin SA, 2015)

Annexe III : Courbe de charge traction 1 du 02.03.2015 au 06.03.2015



Source : (Sierre-Energie SA, 2015)

Annexe IV : Besoin d'électricité de Télévercorin SA

Installations			
Étiquettes de lignes	Sum of Consommation totale (kWh)		
Cabanon de départ - Téléski Tracuit	1769		
Téléski	4825		
Téléski Crêt-du-Midi - Mont-Major	42020		
Téléski Le Cabanon	18114		
Téléski Tzardon + Sigriroulaz	53848		
Traction 1 / 500 KW	319460		
Traction 2 / 500 KW	360090		
Total général	800'126		
Bâtiments administratifs			
Row Labels	Sum of Consommation totale (kWh)	Consommation en kWh (pondéré)	Pondération
Gare d'Arrivée	36375	36'375	1
Gare Sigriroulaz et canons	113152	96'179	0.85
Station départ + canons à neige	60153	51'130	0.85
Grand Total	209680	183'684	
Gîtes et restaurants			
Row Labels	Sum of Consommation totale (kWh)	Consommation en kWh (pondéré)	Pondération
Bât Sous le Restaurant - Le Gite	2241	2'241	1
Gîte de Chantovernt	29650	29'650	1
Gîte et Buvette l'Etable	47136	47'136	1
Restaurant	130808	130'808	1
Grand Total	209835	209'835	
Total Bât + Gîtes	393 519 [kWh]		
% du total consommation	29% [%]		
Enneigement artificiel			
Row Labels	Sum of Consommation totale (kWh)	Consommation en kWh (pondéré)	Pondération
Gare Sigriroulaz et canons	113152	16'973	0.15
Pompage enneigement - Les Planards	151568	151'568	1
Station départ + canons à neige	60153	9'023	0.15
Grand Total	324873	177'564	

Source : (Sierre-Energie SA, 2014)

Annexe V : Charges liées aux pics de puissance

Bâtiments	Puissance (kW)	Facture - Montant hors taxe (fr.)
Traction 2 / 500 KW	2500	60675.35
Traction 1 / 500 KW	2360	55006.1
Pompage enneigement - Les Planards	841	21662.8
Restaurant	755	20279.65
Téléski Crêt-du-Midi - Mont-Major	739	12093.1
Téléski Tzardon + Sigriroulaz	562	11211.55
Gare Sigriroulaz et canons	448	14938
Station départ + canons à neige	418	9234.25
Téléski Le Cabanon	380	5260.9
Gare d'Arrivée	300	6516.4
Bât Sous le Restaurant - Le Gite	0	715.6
Cabanon de départ - Téléski Tracuit	0	432.85
Gîte de Chantovernt	0	4376.05
Gîte et Buvette l'Etable	0	7098.2
Téléski	0	1498.45
Total général	9303	230'999.25 fr.
Montant fourniture puissance		37'212.00 fr.
		16%

Source : (Sierre-Energie SA, 2014)

Annexe VI : Structure et coûts de la consommation 2013 de Télévercorin

SA

Structure et coûts de la consommation 2013 de Télévercorin SA					
Prix par kWh	0.042 fr.	0.053 fr.	4.00 fr.		
	<u>Tarif heures creuses</u>	<u>Tarif heures pleines</u>	<u>Pics de puissance</u>	<u>Autres</u>	<u>Total</u>
Total kWh	194456	1176753	9303		
Total en CHF	8'167 fr.	62'367 fr.	37'212 fr.	123'252 fr.	230'999 fr.
Consommation [kWh] en %	14%	86%			
Coûts [CHF] en %	4%	27%	16%	53%	100%

Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)

Annexe VII : Coefficient efficacité théorique

$$P_{\text{moteur}} \text{ [W]}$$

$$P_{\text{effect.}} = \dot{m} g H \text{ [W]} \quad \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$$

$$= (\dot{N} m_0) g H \quad \dot{N} \cdot \text{nombre fois/s} = \frac{N_0}{3600 \text{ s/h}}$$

$$\eta = \frac{C \cdot m_0 g H}{P_m} = \left(\frac{80 \cdot 10}{3600} \right) \frac{C \cdot H}{I} = \quad \frac{\text{C} \cdot \text{H} \text{ [m]}}{\text{I [kW]}}$$

$$= \frac{80 \cdot 10}{3600 \cdot 1000} \frac{C \text{ [Bar/s]} \cdot H \text{ [m]}}{I \text{ [kW]}}$$

$$\frac{8600}{4} \cdot 5$$

$$900 \cdot 5$$

$$\textcircled{4500}$$

$$= \frac{0.8}{3600} \cdot \frac{C \cdot H}{I} = \frac{1}{4500} \frac{C \cdot H}{I}$$

$$\Rightarrow \text{Efficacité} = \frac{P_{\text{méc}}}{P_{\text{cons}}}$$

Source : (Bonvin, Coefficient efficacité théorique, 2015)

Annexe VIII : Consommation de diesel par hectare / nombre de premiers passage

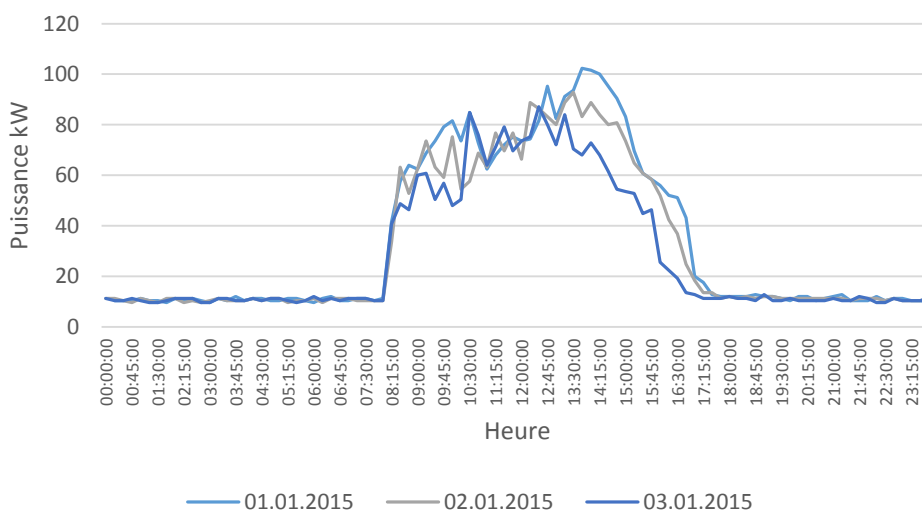
Efficacité énergétique des pistes 2013		
Km de pistes	35	
Largeur piste	0.023	
Km ² de pistes	0.805	
Consommation litres diesel 2013 (dameuses)	49'779 litres	
Hectares de pistes	80.5	
Vercorin - moyenne par hectare	618 litres/ha	
Suisse - moyenne par hectare	1'450 litres/ha	
Nb premier passage	78'094 pers.	
Moyenne par premier passage	0.637 litres/pers	
Efficacité énergétique des pistes 2014		
Km de pistes	35	
Largeur piste	0.023	
Km ² de pistes	0.805	
Consommation litres diesel 2013 (dameuses)	73'172 litres	
Hectares de pistes	80.5	
Vercorin - moyenne par hectare	909 litres/ha	
Suisse - moyenne par hectare	1'450 litres/ha	
Nb premier passage	78'094 pers.	
Moyenne par premier passage	0.937 litres/pers	

Source : (Roland Zegg, 2010) & (Glassey, 2015) & (Télévercorin SA, 2015)

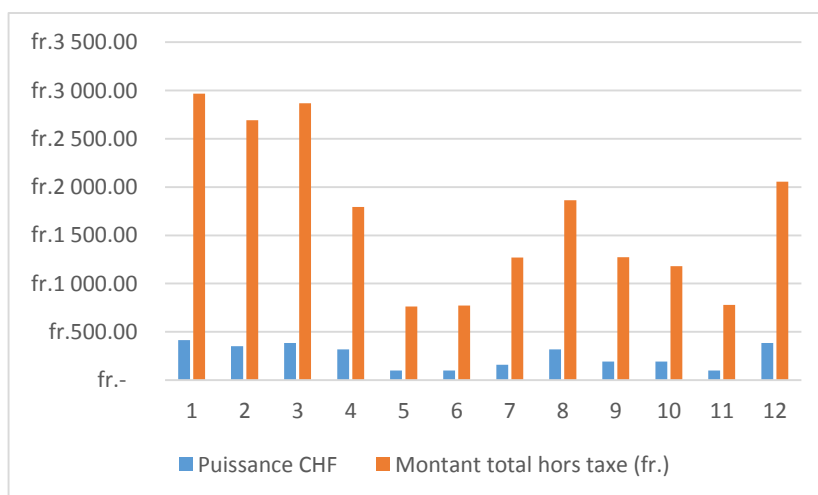
Annexe IX : Pics de puissance du restaurant

Mois	Puissance (kW)	Puissance CHF	Montant total hors taxe (fr.)
1	104	416.00 fr.	2 967.75 fr.
2	88	352.00 fr.	2 693.15 fr.
3	96	384.00 fr.	2 868.20 fr.
4	80	320.00 fr.	1 794.95 fr.
5	25	100.00 fr.	762.15 fr.
6	25	100.00 fr.	771.05 fr.
7	40	160.00 fr.	1 270.90 fr.
8	80	320.00 fr.	1 863.50 fr.
9	48	192.00 fr.	1 273.45 fr.
10	48	192.00 fr.	1 181.45 fr.
11	25	100.00 fr.	778.95 fr.
12	96	384.00 fr.	2 054.15 fr.
Total général	755	3 020.00 fr.	20 279.65 fr.
		15%	

Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)



Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)



Source : Données de l'auteur et (Sierre-Energie SA, 2014)

Annexe X : Consommation en veille des appareils de bureau chez CimArk

Quantité	Type Appareil	Consommation Veille (Wh) par appareil	Total Wh	kWh / an	Coût/an
8	Ordinateurs fixes	6.8	54.4	277.984	55596.8
12	Ecrans Asus VE247T	0.5	6	30.66	6132
16	Stations	6	96	490.56	98112
5	Imprimante standard B411 OKI	8	40	350.4	70080
1	Imprimante C711WT OKI	15	15	131.4	26280
			211.4	1281	256.2

Source : (Perruchoud, Papilloud, & Gabioud, 2014)

Annexe XI : Station de départ - Installation de panneaux PV – calculs financiers

Panneaux PV									
Surface	largeur	11.9	long	5					
					59.5 m ²				
				80% de la surface utilisable	47.6 m ²				
				kWp	7.25				
				Production estimée	14%	7100 kWh			
				Consommation annuelle 2013		51130 kWh			
Dim Panel:		1 m	x		1.6 m				
Leistung Panel:		250 W							
Sud		surface			nombre de panneaux			puissance	
		47.6 m ²			29			7.25 kWp	
					0			0 kWp	
Total		47.6 m²			29			7.25 kWp	
Bat Adm 7.25 kWp								Prix kW Installé 2 500.00 fr.	
Cout	13 100.00 fr.								
Gain	1207.00								
Durée vie	20.00								
Production énergie									
				Production énergie	Prix kWh	CF			
Investissement :	- 13 100.00 fr.			7100	0.17	1207.00			
CF1	1 207.00 fr.								
Taux	4%								
Années	1	2	3	4	5	6	7	8	
	-13100	1207	1207	1207	1207	1207	1207	1207	1207
Van	3 176.47 fr.								
TRI	7%								
Payback	11 ans								

Source : Données de l'auteur & (Joint Research Centre,

Système fixe: inclinaison=15°, orientation=0°				
Mois	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	2.21	68.7	0.69	21.5
Fev	14.00	393	2.44	68.3
Mar	22.20	687	3.85	119
Avr	24.60	737	4.44	133
Mai	26.80	830	4.89	152
Juin	30.70	920	5.66	170
Jui	32.60	1010	5.97	185
Aug	29.50	915	5.38	167
Sep	26.90	808	4.82	145
Oct	18.30	568	3.23	100
Nov	3.26	97.7	0.81	24.3
Dec	2.05	63.5	0.57	17.8
Moyenne annuelle	19.4	592	3.57	109
Total pour l'année		7100		1300

Source : (Joint Research Centre, 2012) & données de l'auteur

Annexe XII : Station intermédiaire - Installation de panneaux PV – calculs financiers

Panneaux PV										
Surface	largeur	long								
	x	x								314.2 m ²
		60% de la surface utilisable								188.52 m ²
		kWp								29.25
		Production estimée	26%							29000 kWh
		Consommation annuelle 2013								113152 kWh
Dim Panel:		1 m	x							1.6 m
Leistung Panel:		250 W								
surface		nombre de panneaux				puissance				
Sud	188.52 m ²			117				29.25 kWp		
				0				0 kWp		
Total	188.52 m²			117				29.25 kWp		
Station Intermédiaire - 30 kWp										
										Prix kW Installé 2 500.00 fr.
Cout	75 000.00 fr.									
Gain	5800.00									
Durée vie	20.00									
Investissement :	- 75 000.00 fr.									
CF1	5 800.00 fr.									
Taux	4%									
Années	1	2	3	4	5	6	7	8		
	-75000	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800
Van	6 124.16 fr.									
TRI	5%									
Payback	13 ans									

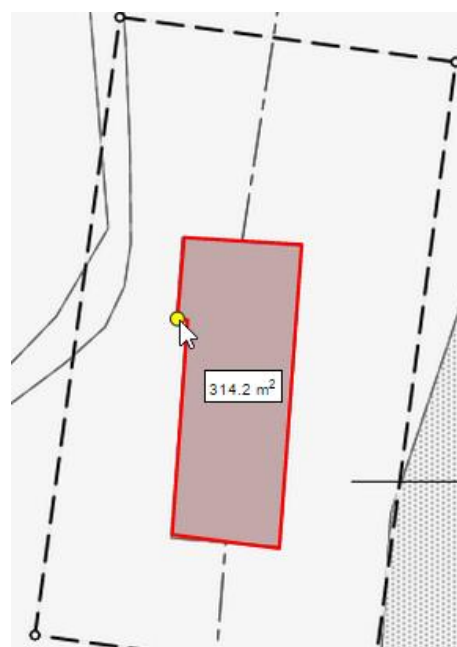
Source : Données de l'auteur & (Joint Research Centre, 2012)

Figure 35 Calculateur production électrique panneaux PV

Système fixe: inclinaison=35°, orientation=0°				
Mois	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	7.51	233	0.62	19.2
Fev	54.50	1530	2.46	69.0
Mar	91.90	2850	4.03	125
Avr	101.00	3040	4.52	136
Mai	105.00	3260	4.73	147
Juin	120.00	3590	5.40	162
Jui	130.00	4030	5.82	180
Aug	124.00	3850	5.53	171
Sep	118.00	3530	5.19	156
Oct	80.60	2500	3.55	110
Nov	11.40	341	0.72	21.7
Dec	7.02	217	0.51	15.9
Moyenne annuelle	79.4	2410	3.60	109
Total pour l'année		29000		1310

Source : (Joint Research Centre, 2012)

Figure 36 Cadastre commune de Chalais



Source : (Swisstopo, s.d.)

Annexe XIII : Turbinage source Mont-Major – calculs financiers

					Débit maximum		Débit moyen			
	Altitude [m]	Hauteur brute [m]	Perte de charge [m]	Hauteur net [m]	[l/s]	[m3/s]	[l/s]	[m3/s]	Puissance électrique [kW]	Energie [kwh]
Mont-Major	2300				30	0.03	30	0.03		
Retenue Collinaire	2227	70	7	63					15.85	133160.74
accélération gravitationnelle	9.81	[m/s2]								
Rendement de la turbine	0.9									
Rendement de l'alternateur	0.95									
Temps de fonctionnement turbinage eau potab	8400	[h]		8400						
Turbinage pour retenue collinaire - 15.85 kWp							Prix kW In. 4 500.00 fr.			
Cout	71 325.00 fr.									
Gain	26 632.15 fr.									
Durée vie	20 ans									
			Production énergie		Prix kWh (RPC)	CF				
Investissement :	- 71 325.00 fr.		133161 kWh		0.20 fr.	26 632.15 fr.				
CF1	26 632.15 fr.									
Taux	4%									
Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	-71325	26632	26632	26632	26632	26632	26632	26632	26632	26632
Van	373 626.67 fr.									
TRI	37%									
Payback	3 ans									

Source : (Brunner, Raboud, Laurent, & Perruchoud, 2015) & données de l'auteur

13 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 :

Télévercorin SA