

Bilan Carbone® du projet de télécabines urbaines genevoises Entre Plan-les-Ouates et l'Aéroport

Genève, novembre 2017

Noé21
27, rue des Gares
1201 Genève, Suisse
Tel: +41 22 329 51 36
info@noe21.org
www.fairconditioning.org
www.noe21.org

ONG indépendante spécialisée dans les solutions au changement climatique
Membre du Bureau européen de l'environnement et du Réseau action climat Europe CAN-E
Accréditée à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

Avec le soutien de



REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX

AVEC LE SOUTIEN
DE LA
VILLE DE GENEVE

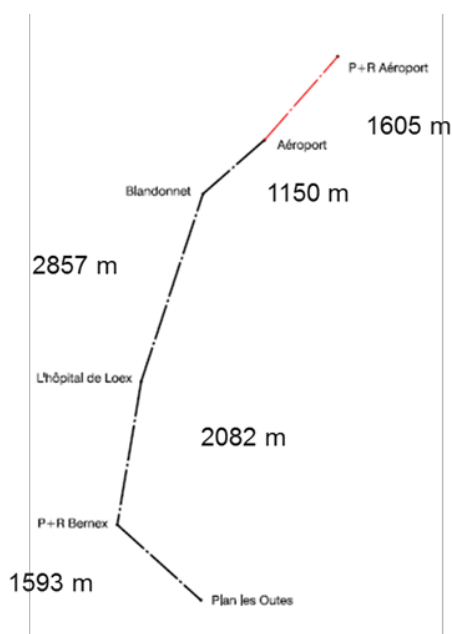


Résumé

Le transport terrestre par câble (télécabines ou téléphérique) est utilisé depuis des décennies pour le transport de personnes dans les stations de ski de montagne. En milieu urbain, il connaît un intérêt croissant depuis une dizaine d'années, notamment parce qu'il s'agit d'une solution de mobilité peu consommatrice d'espace, peu coûteuse et économe en énergie. Elle est particulièrement adaptée pour desservir des tracés directs, reliant des lieux fréquentés mais excentrés et/ou séparés d'autres centres d'intérêt par des obstacles. A Genève, le Département des transports (DETA) examine différents projets de téléphérique urbain depuis 2014. Les études préliminaires ont permis d'identifier un tracé approprié entre le futur quartier des Cherpines et le parking 47 en passant par Bernex, Blandonnet et l'aéroport.

2

Malgré l'augmentation de l'attention pour le téléphérique urbain, l'impact carbone de ce mode de transport reste mal connu. La présente étude établit le bilan carbone de la construction et l'exploitation d'un téléphérique urbain en région genevoise sur la base de la méthode Bilan carbone® développée par l'ADEME. L'étude est réalisée sur la base du tracé retenu par le DETA :



Données de fréquentation	
Capacité maximale	3000 passagers/h
Taux de fréquentation moyen	29%
Longueur totale	9,287 km
Nombre de passagers	5'046'000 passagers/an
Distance totale	46'862'202 km.passagers/an

L'étude tient compte des scope 1¹ (émissions directes), scope 2 (émissions indirectes liées à la consommation d'énergie) et scope 3 (émissions indirectes), soit les émissions dues à la consommation d'électricité des moteurs du téléphérique sur la durée de vie ; des matériaux de construction des stations, des pylônes, des câbles et des télécabines ; du transport des matériaux de construction ; du transport domicile-travail des employés du téléphérique sur la durée de vie ainsi que des déchets directs en fin de vie

¹ Les scopes sont définis par la norme internationale ISO 14069 sur l'élaboration des bilans carbone.

Afin d'évaluer l'impact carbone des choix que seront amenés à effectuer les développeurs et exploitants du téléphérique, 5 scénarios ont été analysés :

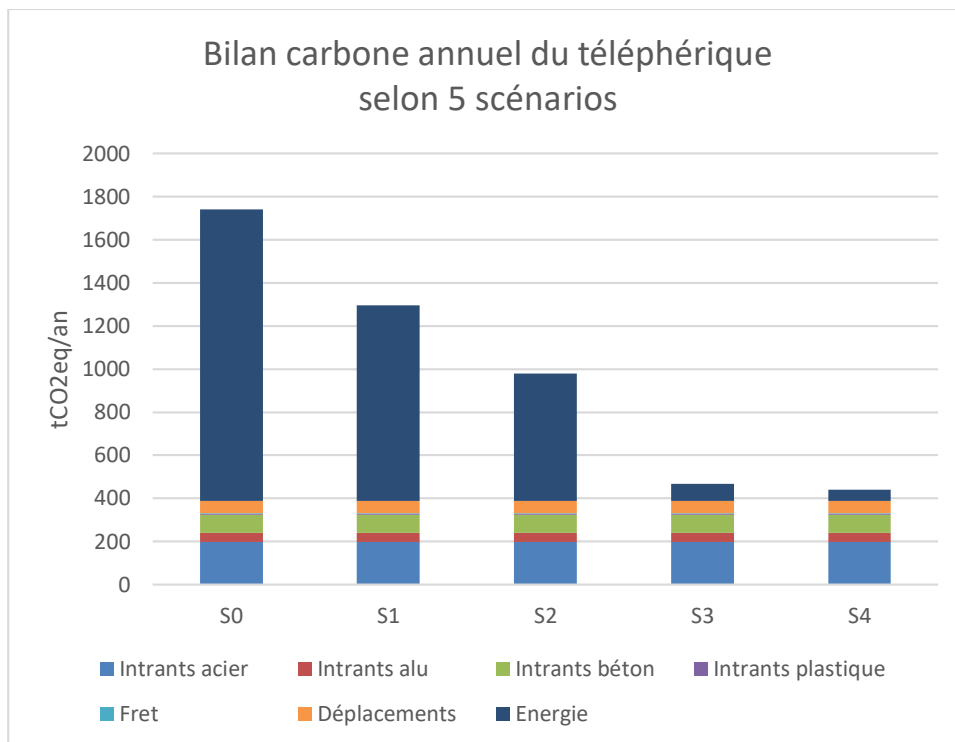
Scénarios	Qualité de l'électricité (facteur d'émission)	Vitesse moyenne aux heures creuses	Durée du trajet complet aux heures creuses
S0 : Référence. Electricité standard et vitesse maximale	136 gCO ₂ /KWh	6.90 m/s	23 min
S1 : Electricité standard et vitesse rapide	136 gCO ₂ /KWh	5.16 m/s	30 min
S2 : Electricité standard et vitesse réduite	136 gCO ₂ /KWh	3.44 m/s	45 min
S3 : Electricité propre et vitesse rapide	12 gCO ₂ /KWh	5.16 m/s	30 min
S4 : Electricité propre et vitesse réduite	12 gCO ₂ /KWh	3.44 m/s	45 min

Les scénarios avec électricité propre correspondent ainsi au cas où l'Etat déciderait, en parallèle de la construction de l'infrastructure, d'investir dans des moyens de productions renouvelables dédiés au téléphérique (centrale solaire photovoltaïque...).

Les scénarios avec vitesse réduite correspondent à ceux pour lesquels la vitesse est adaptée à la demande aux heures creuses : la capacité horaire est déterminée par la vitesse avec laquelle les moteurs vont faire tourner le câble, les cabines étant attachées à celui-ci. Il s'agit néanmoins pour l'exploitant de déterminer un équilibre entre durée du parcours et consommation d'électricité.

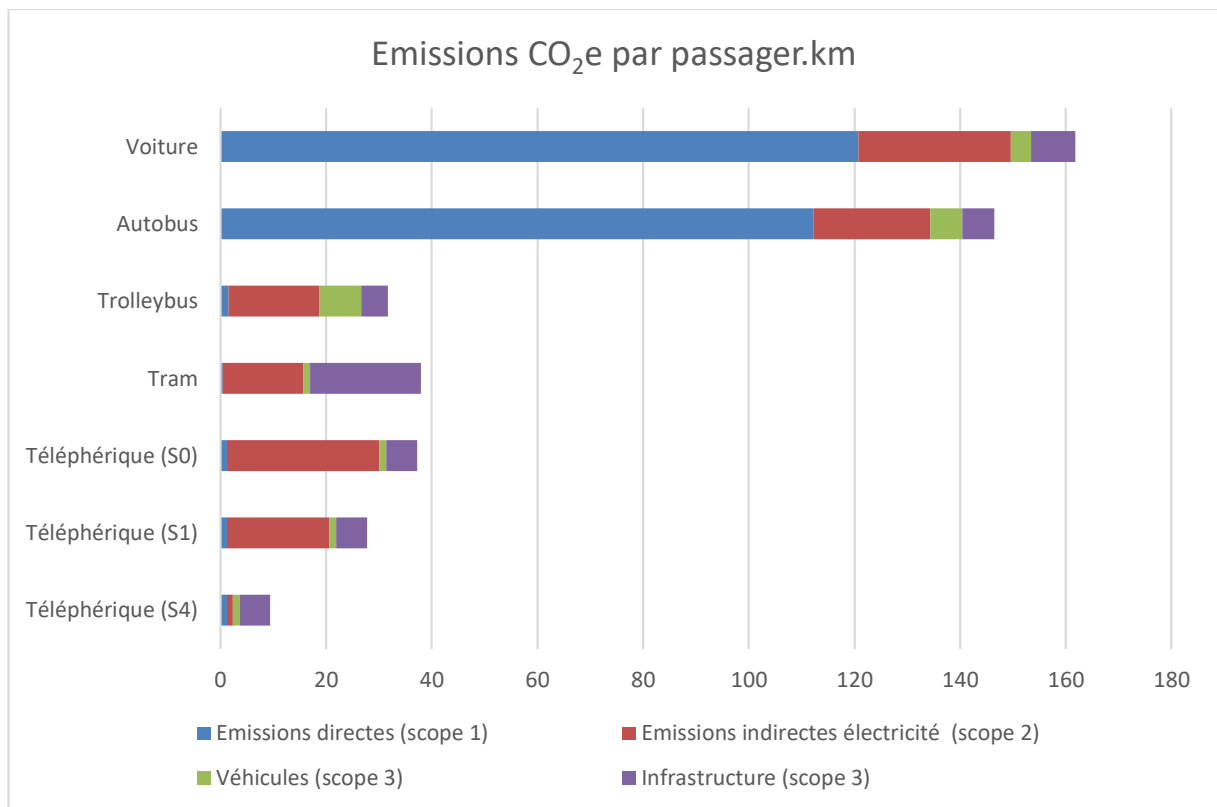
Le scénario de référence est celui où l'électricité est standard et la vitesse commerciale maximale, quelle que soit l'horaire.

Les résultats comparés des différents scénarios selon les différents postes sont les suivants :



Bien que l'infrastructure en tant que telle constitue une part importante des émissions, il est possible de réduire le bilan CO₂ du projet de téléphérique en choisissant d'investir dans des moyens de production d'électricité renouvelable dédiés, le bilan peut être très considérablement réduit. Dans le cas où aucun effort ne serait fourni pour la production d'électricité, la réduction de la vitesse commerciale aux heures creuses peut également être une option pour réduire les émissions, même si de manière moins conséquente. Si des mesures sur l'origine de l'électricité renouvelable et la vitesse commerciale sont prises conjointement, le bilan carbone peut être divisé par quatre par rapport au scénario de référence.

La comparaison entre modes de transport montre que **le téléphérique est le mode de transport qui présente le bilan CO₂ le plus économe**. Néanmoins, dans le cas où aucun effort particulier ne serait mené ni au niveau de la qualité de l'électricité utilisée ni au niveau de la vitesse commerciale (S0), les émissions sont du même ordre que le trolleybus ou que le tram alors qu'elles sont trois fois moindres si le téléphérique est alimenté par de l'électricité renouvelable dédiée.



Notons que les résultats en gCO₂e/km.passagers sont très dépendants de la fréquentation : par exemple, si la fréquentation réelle du téléphérique est deux fois plus faible que celle que nous avons projetée (5 millions de passagers/an), les émissions par passagers.km doubleront et dépasseront nettement celles du tram ou du trolleybus.

L'étude montre que, afin de minimiser les émissions de CO₂, les développeurs et futurs exploitants du téléphérique peuvent :

- Dans le cadre du projet du téléphérique, **prévoir un investissement pour des moyens de productions renouvelables dédiés** (centrales photovoltaïques...) ;
- **Réduire autant que possible la vitesse commerciale** aux heures où la demande est réduite afin de minimiser le besoin en puissance électrique appelée ;
- **Tenir compte de la provenance et la composition des matériaux de construction** qui pèsent lourd dans le bilan CO₂ ;
- **Mettre en place un plan de mobilité** pour réduire les déplacements individuels motorisés des employés et des utilisateurs.

Table des matières

Résumé	2
Table des matières	6
1. Introduction.....	7
2. Méthode.....	8
2.1 L'outil Bilan carbone®	8
2.2 Le périmètre et les hypothèses de l'étude	9
2.3 Les données utilisées	10
2.3.1. Le tracé	10
2.3.2. Généralités.....	11
2.3.3. La fréquentation	11
2.3.4. L'énergie	11
2.3.5 Les matériaux.....	12
2.3.6. Le fret.....	13
2.3.7 Les déplacements	14
3. Scénarios	15
3.1. Les cinq scénarios et leurs variables	15
3.2. La qualité de l'électricité.....	16
3.3. La vitesse commerciale	18
3.3.1. Pour le scénario de référence :	18
3.3.2. Pour les scénarios à « vitesse rapide » :	19
3.3.3. Pour les scénarios à « vitesse réduite » :	19
4. Résultats et discussion.....	20
4.1. Le bilan carbone selon les scénarios	20
4.2. Les postes d'émission du téléphérique	22
4.3. Comparaison avec d'autres modes de transport	23
5. Conclusions et recommandations	27

1. Introduction

Le transport terrestre par câble (télécabines ou téléphérique) est utilisé depuis des décennies pour le transport de personnes dans les stations de ski de montagne. En milieu urbain, il connaît un intérêt croissant depuis une dizaine d'années. La saturation du trafic dans les villes appelle en effet le développement de solutions de transports alternatives, innovantes, peu consommatrices d'espace, économes en énergie et faiblement émettrices de carbone. **Les expériences montrent que le téléphérique urbain est particulièrement adapté pour desservir des tracés directs, reliant des lieux fréquentés mais excentrés et/ou séparés d'autres centres d'intérêt par des obstacles.** La valeur touristique du téléphérique paraît également très liée à son intérêt en termes de mobilité.

La phase des villes pionnières (New York, Portland, Alger, Grenoble,...) est révolu et de nombreux projets sont en phase de développement ou de construction partout dans le monde. Au vu des difficultés de mobilité au sein du canton et de l'agglomération, le téléphérique urbain intéresse les autorités genevoises. **Le Département des transports (DETA) examine différents projets de téléphérique urbain depuis 2014. Les études préliminaires ont permis d'identifier un tracé approprié entre le futur quartier des Cherpines et le parking 47 de l'aéroport en passant par Bernex, Blandonnet et l'aéroport.** Sa réalisation est projetée pour 2025. La commission des transports du Grand Conseil a accepté une motion en ce sens en mars 2017.

Malgré l'augmentation de l'attention pour le téléphérique urbain, **l'impact carbone de ce mode de transport reste mal connu.** Or, les émissions de CO₂ seront réduites de manière radicale au cours des décennies à venir, notamment dans le secteur des transports. Dès lors, progresser dans la connaissance de l'impact carbone de nouvelles infrastructures de mobilité appelées à fonctionner pour plusieurs générations apparaît nécessaire.

La présente étude établit le bilan carbone de la construction et l'exploitation d'un téléphérique urbain en région genevoise. Elle est basée sur le tracé retenu par le Département des Transports (DETA) de l'Etat de Genève en 2016. Elle apporte **un complément utile aux études existantes** menées par le DETA - portant sur le tracé et le choix du positionnement des stations et pylônes - ainsi que celles qui seront appelées à être réalisées. En effet, bien que le dossier d'approbation des plans que le canton devra soumettre à l'Office fédéral des transports contiendra une étude d'impact environnemental (EIE), celle-ci ne portera pas en détail sur le CO₂². Les résultats obtenus seront comparés à d'autres modes de transports individuels (voiture) et collectifs (autobus, trolleybus, tram) pour lesquels les bilans carbone sont mieux connus.

² Le CO₂ n'est pas considéré comme un polluant par la loi sur la protection de l'environnement. Il est régulé par la loi sur le CO₂ et la thématique de protection du climat pour lequel il n'y a pas d'étude d'impact prévue pour les installations de ce type.

Ainsi, **le bilan carbone du projet de téléphérique urbain genevois issu de la présente étude peut être considéré comme un outil d'aide à la décision pertinent pour les acteurs et décideurs de la mobilité au niveau du canton et plus largement.**

La présente étude a bénéficié du soutien de la Ville de Genève à travers le programme G'innove, ainsi que de l'État de Genève (DETA). Les auteurs tiennent également à remercier le constructeur pour les données précises qu'il a fournies.

2. Méthode

2.1 L'outil Bilan carbone®

La méthode utilisée pour établir le bilan carbone est la méthode Bilan carbone® développée par l'ADEME et actuellement promue par l'association ABC. Cette méthode constitue une référence internationale et ses résultats peuvent être présentés sous une forme compatible avec les autres méthodes telles que le GHG protocol ou la norme ISO 14069. Elle permet **d'évaluer les émissions de carbone sur l'ensemble du cycle de vie d'un projet ou d'une activité.**

Le Bilan carbone® constitue un outil d'aide à la décision pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et la dépendance aux énergies fossiles. C'est pourquoi, en termes de périmètre des émissions à prendre en compte, il adopte **un principe de responsabilité des émissions et de dépendance à celles-ci** plutôt que le critère géographique du site étudié. Ainsi, sont prises en compte les émissions générées en *amont* du périmètre géographique du projet (par exemple, les émissions liées à la production et au transport de l'acier des pylônes du téléphérique) et en *aval* (par exemple, les émissions liées aux déplacements des employés du téléphérique). De cette manière, **les décideurs et planificateurs du projet peuvent piloter l'impact carbone de l'ensemble des options qu'ils ont à disposition, même si les émissions n'ont pas lieu sur leur site.** En l'occurrence, comme nous le verrons, les émissions directes ayant lieu sur le site du téléphérique à proprement parler sont très faibles.

Puisque la mesure directe des émissions est impossible pour l'ensemble des processus en jeu sur le cycle de vie d'une activité ou d'un projet, la méthode utilise **les facteurs d'émission (FE)** : ces facteurs correspondent à des ratios de la quantité de gaz à effet de serre (GES) émis par un processus, un objet ou une activité. Les facteurs d'émissions sont en général exprimés en kg CO₂e par unité de référence (litre, kg, tonne, km, nombre d'employés...). Le calcul des émissions de CO₂ est alors réalisé de la façon suivante :

$$GES \text{ émis par un processus} = Donnée \text{ du processus} * FE \text{ du processus}$$

Par exemple : La quantité de GES émis pour la production de l'acier des pylônes est calculée à partir

de la donnée de la quantité d'acier (570 tonnes dans notre cas) multiplié par le facteur d'émission de l'acier (3190 kg CO₂e par tonne d'acier).

Il n'existe pas à ce jour de base de données mondiale standardisée des facteurs d'émission. Le Bilan carbone® utilise la base de données la plus complète, la *Base carbone*, maintenue par l'ADEME, qui contient plus de 7000 facteurs d'émission³.

Le Bilan carbone® tient compte de l'ensemble des GES (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, NF₃, PFC, SF₆, CFC, H₂O stratosphérique...). Pour tenir compte de l'effet de serre différencié de chacune de ces molécules, les émissions sont comptées en CO₂e (« CO₂ équivalent »)⁴ : par exemple, le méthane (CH₄) a un pouvoir de réchauffement global 30 fois plus élevé que le CO₂. Dès lors, l'émission d'un kg de CH₄ équivaut à une émission de 30 kg CO₂e.

9

Nous attirons l'attention des lecteurs sur le fait que l'approche du Bilan carbone® basée sur les facteurs d'émissions permet d'avoir une vision très large des émissions sur l'ensemble du cycle de vie, mais que celles-ci n'ont pas la précision d'une mesure réalisée in situ. Dès lors, **les résultats sont à considérer dans les ordres de grandeur qu'ils offrent et non dans leur précision numérique**. Les promoteurs de la méthode évoquent « *une vision floue sur un champ de vision très large* ». Bien entendu, cette remarque est aussi valable pour les autres méthodes telles que le GHG protocol ou l'ISO 14069.

2.2 Le périmètre et les hypothèses de l'étude

L'étude tient compte des scope 1 (émissions directes), scope 2 (émissions indirectes liées à la consommation d'énergie) et scope 3 (émissions indirectes). Il s'agit des **postes d'émissions** suivants:

- Consommation d'électricité des moteurs du téléphérique sur la durée de vie (scope 2)
- Des matériaux de construction des stations, des pylônes, des câbles et des télécabines (scope 3).
- Du transport des matériaux de construction (scope 3)
- Du transport domicile-travail des employés du téléphérique sur la durée de vie (scope 3)
- Des déchets directs en fin de vie (scope 3)

Par contre, l'étude ne tient pas compte des postes d'émission suivants :

- Le fonctionnement des machines de chantier lors de la construction des installations et leur démantèlement en fin de vie (scope 3) dont les émissions sont considérées comme négligeables.
- Les matériaux de finition des stations (verre et plastique) et le cuivre des câbles électriques (scope 3) dont les émissions sont considérées comme négligeables.
- La consommation d'énergie pour le chauffage des locaux des employés (scope 1) dont les

³ Pour plus d'informations, consulter directement le [site de l'ADEME dédié à la base carbone](#).

⁴ La base carbone actuelle tient compte du Pouvoir de réchauffement global (PRG) à 100 ans des GES publiés dans le [5e rapport du GIEC](#).

émissions sont considérées comme négligeables.

- La construction des parkings supplémentaires, dédiés à la desserte du téléphérique (scope 3) dont les émissions sont considérées comme négligeables.
- Les déplacements induits pour les utilisateurs (scope 3) dont les émissions peuvent être substantielles mais dont il est à ce jour très difficile d'estimer la part liée à la présence du téléphérique. Il est prévisible que des déplacements supplémentaires seront induits par le téléphérique, notamment du fait de son attractivité touristique et par le fait que toute nouvelle infrastructure de transport induit une demande additionnelle. Néanmoins, des déplacements seront également évités, notamment voiture ou tram. **L'étude des effets du téléphérique sur les déplacements induits des utilisateurs dépasse largement le cadre de la présente étude.**

10

La durée de vie des installations a été estimée à 30 ans. Comme nous le verrons, cette hypothèse a des incidences sur le résultat final. Nous discuterons de la sensibilité du résultat à cette hypothèse.

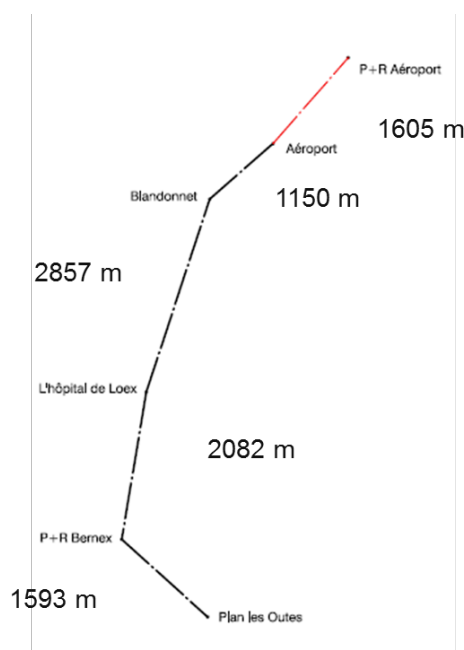
2.3 Les données utilisées

Afin de disposer d'un bilan carbone aussi représentatif que possible, nous avons récolté les données concernant l'ébauche de projet retenu auprès du DETA et du constructeur qui a collaboré avec l'État de Genève pour étudier différents tracés possibles sur le canton.

2.3.1. Le tracé

Pour réaliser ce Bilan Carbone[®], nous nous sommes donc basé **le tracé ZIPLO - Aéroport composé de 5 trajets⁵** :

Trajets	Distance
ZIPLO Plan-les-Ouates - P+R Bernex	1593 m
P+R Bernex – Hôpital de Loëx	2082 m
Hôpital de Loëx - Blandonnet	2857 m
Blandonnet – Aéroport	1150 m
Aéroport - P+R Aéroport	1605 m
TOTAL	9287 m



⁵ Données constructeur

2.3.2. Généralités

Les autres données générales du projet qui sont utilisées pour l'établissement du bilan carbone sont les suivantes :

Données générales du projet	
Capacité maximale	3000 passagers/h
Vitesse maximale (sauf Blandonnet-Aéroport)	7 m/s
Vitesse maximale Blandonnet-Aéroport	6 m/s
Durée de fonctionnement annuelle	5800 h/an

2.3.3. La fréquentation

Le **taux de fréquentation** joue un rôle important dans les résultats lorsque ces derniers sont présentés en gCO₂/passager.km. De plus, comme nous le verrons, la vitesse du téléphérique peut varier selon le taux de fréquentation, ce qui a une incidence sur l'énergie consommée par les moteurs. Il s'agit bien entendu d'un facteur incertain, car il dépend de la demande et de l'attrait que le téléphérique générera auprès des futurs utilisateurs. A ce stade du projet, nous utilisons le taux moyen de fréquentation des transports publics en Suisse de 29%.

Nos hypothèses en termes de fréquentation sont donc les suivantes :

Données de fréquentation	
Capacité maximale	3000 voyageurs/h
Taux de fréquentation moyen	29%
Longueur totale	9,287 km
Nombre de passagers	5'046'000 voyageurs/an
Distance totale	46'862'202 voyageurs.km/an

A noter que la fréquentation retenue pour le téléphérique correspond à la fréquentation actuelle des lignes de bus TPG 21 ou 25, alors que la ligne du tram 12, la plus fréquentée, transporte 27 millions de passagers par an.

2.3.4. L'énergie

Les données sur l'énergie concernent l'énergie utilisée pour faire fonctionner le transport par câble. Nous avons négligé l'énergie de chauffage des bâtiments. Pour chacun des 5 tronçons, il y a un moteur électrique qui actionne un câble. Le projet indique les différentes puissances (en kW) qui

correspondent à un total de 1'716 kW⁶:

- ZIPLO - Bernex; 313 kW,
- Bernex - Loëx; 343 kW,
- Loëx - Blandonnet; 567 kW,
- Blandonnet - Aéroport; 285 kW,
- Aéroport - P+R Aéroport; 349 kW.

Pour le calcul des émissions de CO₂ du fait de l'utilisation de l'électricité des moteurs, deux données supplémentaires sont nécessaires : le facteur d'émission de l'électricité qui représente le « poids en CO₂ » de la consommation d'électricité, ainsi que le taux de charge des moteurs (et donc la puissance utile), qui dépend de la vitesse commerciale. Ces deux données ne sont pas figées et peuvent varier sensiblement selon les choix que feront les développeurs et exploitants du téléphérique. En particulier, quelle va être la qualité de l'électricité qui alimente le téléphérique et à quelle vitesse souhaite-t-on qu'il fonctionne, en particulier en dehors des heures de pointe ? C'est pourquoi ces paramètres font l'objet de scénarios qui sont présentés et détaillés au chapitre 3.

2.3.5 Les matériaux

Les matériaux sont les intrants utilisés pour la construction des installations. Les données proviennent en grande partie du constructeur et les données manquantes ont été estimées par Noé21.

Les matériaux considérés et leur utilisation sont les suivants :

Type de matériaux	Utilisation des matériaux
Béton armé	Stations et pylônes (fondations)
Acier	Stations, pylônes, cabines, câbles et moteurs
Aluminium	Cabines
Polycarbonates	Cabines

Les éléments suivants sont à construire⁷ :

Type d'éléments	Quantité
Stations avec garage	2
Stations sans garage	4
Pylônes	57
Cabines	331
Câbles	18'574 m

Nous avons estimé les quantités des différents matériaux nécessaires à la construction des

⁶ Données constructeur

⁷ La quantité de béton armé a été calculée à partir des estimations fournies par constructeur.

différents éléments :

Données et quantités - Béton		
Béton pour une station sans garage	100	m ³
Béton pour une station avec garage	700	m ³
Béton pour un pylône	18	m ³
Volume total du béton armé	2'826	m³
Masse volumique du béton armé	2.5	tonnes/m ³
Masse totale de béton armé	7'065	tonnes

Afin de déduire le bilan carbone annuel du téléphérique, nous répartissons le besoin en intrants sur la durée de vie des installations qui est estimée à 30 ans. Nous avons donc une masse totale de **236 tonnes de béton armé** par an.

La quantité d'acier a été calculée à partir des estimations fournies par le constructeur:

Données - Acier		
Acier par pylône	10	tonnes
Acier par station sans garage	80	tonnes
Acier par station avec garage	300	tonnes
Acier des câbles	10	kg/m
Acier par cabine	460	kg

Quantités - Acier		
Acier total des pylônes	570	tonnes
Acier total des stations	920	tonnes
Acier total des moteurs	5	tonnes
Acier total des câbles	186	tonnes
Acier total des cabines	152	tonnes

Nous avons donc une masse totale de **62 tonnes** d'acier par an sur 30 ans.

Pour les 3 autres matériaux, nous nous sommes basés sur des estimations. L'aluminium et le polycarbonate sont utilisés dans la fabrication des 331 cabines et le cuivre est utilisé pour électrifier les stations.

- **Aluminium, 122 tonnes** (40% du poids d'une cabine de 920 kg)
- **Polycarbonate, 30 tonnes** (10% du poids d'une cabine de 920 kg)

2.3.6. Le fret

Le fret est le transport nécessaire à l'apport des matériaux de construction sur le chantier. Les données ont été calculées à partir des estimations fournies par Garaventa ainsi qu'avec nos propres estimations.

Pour construire toute l’installation il faut commencer par excaver certains volumes de terre:

- 20 m³ par pylône
- 100 m³ par station sans garage
- 1’000 m³ par station avec garage

Comme la terre foisonne lorsqu'elle est excavée, le volume de terre à transporter est 2,5 fois plus grand que le volume de terre compactée excavée. Nous avons donc un volume total de **8’850 m³ de terre**. Pour transporter ce volume de terre il faut effectuer **26’550 km** avec un camion benne ayant une capacité de chargement de 12 m³.

Il faut ensuite importer les matériaux sur les lieux de construction :

Type de matériaux	Distance	Moyen de transport
Béton	14’130 km	camion toupie 6 m ³
Acier venant d’Allemagne	23’750 km	camion de 40 tonnes, charge utile 24 tonnes
Acier venant de Suisse	774 km	camion de 40 tonnes, charge utile 24 tonnes
Aluminium venant de Niederglatt	3’045 km	camion de 40 tonnes, charge utile 24 tonnes
Cuivre venant de Suisse	232 km	camion de 7,5 tonnes

Lors de la fin de vie les matériaux utilisés sont transportés à la décharge ou au recyclage. Cela correspond à 308 tonnes par an et 592 km de transport par camion de 40 tonnes faisant en moyenne 50 km pour un aller-retour.

2.3.7 Les déplacements

Les déplacements correspondent aux trajets des camions pour la phase de construction, des employés domicile-travail et de ceux liés à l’entretien des installations.

Les 4 stations intermédiaires ayant 2 départs et 2 arrivées nécessitent constamment 2 employés tandis que les deux stations aux extrémités du parcours ayant un départ et une arrivée n’ont besoin que d’un employé. L’installation fonctionnant 16 heures par jour, elle nécessite donc 20 employés quotidiennement.⁸

Afin d’estimer les déplacements engendrés par les employés, nous nous sommes basés sur différentes statistiques. Selon l’OFS⁹, la distance domicile-travail, à Genève est en moyenne de 7 km. Nous pouvons donc calculer les kilomètres parcourus par année par les employés :

⁸ Données: constructeur, communication personnelle

⁹ La pendularité en Suisse 2014, 11 Mobilité et transports, Office fédéral de la statistique OFS, Neuchâtel, juin 2016

7 km x 2 trajets x 365 jours x 20 employés = **102'200 km/an**.

Selon les chiffres du DETA¹⁰, 45% des genevois se rendent en transports individuels motorisés sur leur lieu de travail, 31% utilisent la mobilité douce et 23% les transports collectifs.

Tous les 6 ans une maintenance lourde est réalisée par le constructeur ce qui nécessite le déplacement des techniciens depuis de Sion à Genève. Ayant 6 stations, on peut considérer que chaque année une maintenance lourde à lieu ce qui fait 320 km par an de déplacement pour l'aller-retour des techniciens ce qui est négligeable.

3. Scénarios

3.1. Les cinq scénarios et leurs variables

Le Bilan Carbone® est un outil d'aide à la décision basé sur le critère des émissions de gaz à effet de serre. Nous établissons ainsi 5 scénarios montrant que les émissions du téléphérique varient considérablement selon certains choix que feront les exploitants. Les « *variables* » étudiées dans ces scénarios sont :

- La **qualité de l'électricité** utilisée pour le fonctionnement des moteurs ;
- La **vitesse commerciale**, en particulier aux heures creuses.

Ces facteurs traduisent des choix à effectuer, au contraire des autres données qui ne peuvent être modifiées (puissance des moteurs, matériaux de construction,...) et que nous appelons les « *facteurs fixes* ». Pour les facteurs fixes, nous effectuerons une analyse de sensibilité pour estimer l'influence que la marge d'erreur sur ces données peut avoir sur le résultat final.

Nous avons défini 5 scénarios distincts :

1. Scénario S0 « Référence : électricité standard et vitesse maximale »
2. Scénario S1 « Electricité standard et vitesse rapide »
3. Scénario S2 « Electricité standard et vitesse réduite »
4. Scénario S3 « Electricité propre et vitesse rapide »
5. Scénario S4 « Electricité propre et vitesse réduite »

¹⁰ Les Transports genevois en chiffres, Département de l'Environnement Département de l'Environnement, des Transports et de l'Agriculture, avril 2014

Les paramètres de ces **5 scénarios** sont les suivants :

Scénarios	Qualité de l'électricité (facteur d'émission)	Vitesse moyenne aux heures creuses	Durée du trajet complet aux heures creuses
S0 : Référence. Electricité standard et vitesse maximale	136 gCO ₂ /KWh	6.90 m/s	23 min
S1 : Electricité standard et vitesse rapide	136 gCO ₂ /KWh	5.16 m/s	30 min
S2 : Electricité standard et vitesse réduite	136 gCO ₂ /KWh	3.44 m/s	45 min
S3 : Electricité propre et vitesse rapide	12 gCO ₂ /KWh	5.16 m/s	30 min
S4 : Electricité propre et vitesse réduite	12 gCO ₂ /KWh	3.44 m/s	45 min

16

Les paragraphes suivants commentent le choix des paramètres des scénarios.

3.2. La qualité de l'électricité

L'utilisation d'électricité n'émet aucune émission de CO₂ sur le site de consommation des équipements. Néanmoins, la production de l'électricité engendre des émissions de CO₂ qui sont substantiellement différentes suivant les moyens de production employés. Par exemple, la production de 1 KWh d'électricité avec une centrale à charbon émet 956 gCO₂/KWh et une centrale à gaz avec cogénération 350 gCO₂/KWh¹¹. L'électricité renouvelable n'est pas exempte d'émission lorsqu'on considère le cycle de vie complet, fabrication des panneaux et fin de vie inclus.

Il existe un débat récurrent sur le facteur d'émission de l'électricité qu'il faut choisir. D'un côté, d'un point de vue physique, toute consommation d'électricité sur le réseau a la qualité de l'électricité moyenne du réseau, car il est impossible de tracer les électrons renouvelables des autres et ceux-ci sont consommés au plus près de la production, même si leur acheteur en est éloigné. D'un autre côté, le fait d'acheter de l'électricité avec une qualité supérieure est un signal aux producteurs pour investir dans des moyens de production plus propres. L'impact est économique et indirect : la demande de courant renouvelable augmente, et les producteurs de cette qualité de courant sont incités à augmenter leur production.

Néanmoins, l'ADEME ne prend jamais en compte les facteurs d'émissions annoncés par les fournisseurs d'électricité. En effet, ces valeurs tiennent compte des certificats d'électricité verte (RECs) que les fournisseurs peuvent acheter indépendamment des contrats d'achat de l'électricité elle-même. Or, ce marché est structurellement déséquilibré : la demande en certificats est très

¹¹ Facteurs d'émissions du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique) utilisés par l'ENTSO-E, l'association européenne des gestionnaires de réseau de transport. Voir par exemple le [site de RTE](#).

faible par rapport à la demande et le prix du marché ne reflète pas le différentiel de valeur réel.

Ainsi, en toute rigueur, le facteur d'électricité renouvelable ne devrait être utilisé que si la production de l'énergie fait partie intégrante du projet. Cela est le cas, par exemple, pour une voiture électrique alimentée par ses propres capteurs photovoltaïques ou encore pour les CFF qui possèdent des usines hydroélectriques pour leur usage propre.

Dans le cas de notre téléphérique, **les scénarios avec électricité propre correspondent ainsi au cas où l'Etat déciderait, en parallèle de la construction de l'infrastructure, d'investir dans des moyens de productions renouvelables dédiés au téléphérique, par exemple en construisant sa propre centrale solaire.**

Dans notre cas :

- Pour les **scénarios à l'électricité de qualité standard**, nous utilisons le mix de fourniture suisse (*Lieferanten-Strommix*), c'est-à-dire l'électricité moyenne du réseau en Suisse.
- Pour les **scénarios à l'électricité de qualité propre**, nous utilisons le mix moyen d'électricité d'origine renouvelable¹² qui est un mix de production. Cela signifie que l'installation utilise de l'énergie renouvelable dédiée.

Nous avons rassemblé les données pertinentes pour notre étude à partir de la documentation de base sur les écobilans élaborée par les instituts Treeze Lt (Uster) et Ecoinvent Association (Zurich). Plusieurs versions se chevauchent, et les bases de données ne sont pas toujours mises à jour. Ci-après, nous avons cité les sources avec précision et nous nous sommes renseignés auprès de l'un des auteurs sur les versions les plus fiables¹³.

Facteurs d'émissions de divers mix suisses d'électricité	
Mix de fourniture suisse, basse tension ¹⁴	149.4 g CO ₂ eq/kWh
Mix de fourniture suisse, basse tension ¹⁵	135.0 g CO ₂ eq/kWh
Mix moyen d'électricité d'origine renouvelable, basse tension ¹⁶	13.0 gCO ₂ eq/kWh
Mix de fourniture suisse, moyenne tension ¹⁷	122.9 gCO ₂ eq/kWh
Mix de fourniture suisse, moyenne tension¹⁸	136.0 gCO₂eq/kWh
Mix moyen d'électricité d'origine renouvelable, moyenne tension¹⁹	11.83 gCO₂eq/kWh

¹² Annika Messmer; Rolf Frischknecht : Umweltbilanz Strommix Schweiz 2016, Treeze Ltd, Uster, chapitre 8

¹³ Rolf Frischknecht, communication personnelle

¹⁴ Annika Messmer, Rolf Frischknecht : loc cit. Annexe E

¹⁵ Itten R. et al, Life Cycle Inventories of Electricity Mixes and Grid, Version 1.3, , Treeze Ltd, Uster 2014, p 216.

¹⁶ Annika Messmer, Rolf Frischknecht : loc cit. Annexe E

¹⁷ Malheureusement les facteurs pour la moyenne tension ne sont pas donnés dans la note 11 et 13 . On les trouve dans la note 14. Il s'agit cependant d'anciennes données. Nous avons préféré de les recalculer selon la formule de la note 17)

¹⁸ Nous avons calculé les facteurs de moyenne tension en multipliant le mix basse tension de la ref 13 avec le rapport moyenne tension (ref 16) / basse tension (ref 14)

Facteur du mix de fourniture suisse, tension moyenne = 149.4 / 135.0 * 122.9 = 136.0 gCO₂eq/kWh

Facteur du mix moyen d'électricité d'origine renouvelable, moyenne tension= 13.0 / 135.0 * 122.9 = 11.83 gCO₂eq/kWh

¹⁹ Ibid.

En gras : les valeurs les plus récentes retenues dans le présent travail.

Le téléphérique sera relié au réseau moyenne tension. Les différences entre moyenne et basse tension s'expliquent par les pertes de transformation.

Nous tenons à souligner l'importance du réseau auquel le téléphérique est connecté dans le cas où il n'a pas de production renouvelable dédiée. A titre illustratif, voici quelques facteurs d'émission électriques en Europe issus de la base carbone de l'ADEME :

Pays	Facteur d'émission électricité
Allemagne	461 gCO ₂ e/KWh
Autriche	188 gCO ₂ e/KWh
Espagne	238 gCO ₂ e/KWh
France	75 gCO ₂ e/KWh
Norvège	17 gCO ₂ e/KWh

3.3. La vitesse commerciale

La capacité horaire d'un téléphérique est déterminée par la vitesse avec laquelle les moteurs vont faire tourner le câble, les cabines étant attachées à celui-ci. Aux heures creuses, il est possible de réduire la vitesse afin d'adapter le téléphérique à la demande réduite. Toute réduction de vitesse a un impact élevé en matière de consommation énergétique puisque l'énergie à fournir est proportionnelle au carré de la vitesse. Par exemple, une réduction de moitié de la vitesse entraîne une demande en énergie quatre fois plus faible. Néanmoins, la réduction de la vitesse ne peut être proportionnelle à la baisse de fréquentation, sans quoi la durée du trajet devient commercialement inacceptable. Il s'agit donc pour l'exploitant de déterminer un équilibre entre vitesse et consommation d'électricité.

Nous avons défini deux niveaux de vitesse et d'énergie appelées pour nos scénarios.

3.3.1. Pour le scénario de référence :

Horaire	Durée quotidienne	Durée trajet ZIPLO-P+R	Vitesse moy. des cabines	Capacité	Taux de charge du moteur
Heures de pointe (6h-8h ; 16h-18h)	4h/j	23 min	6.9 m/s	3000 pers/h	100%
Heures creuses (8h-16h ; 18h-22h)	12h/j	23 min	6.9 m/s	3000 pers/h	100%

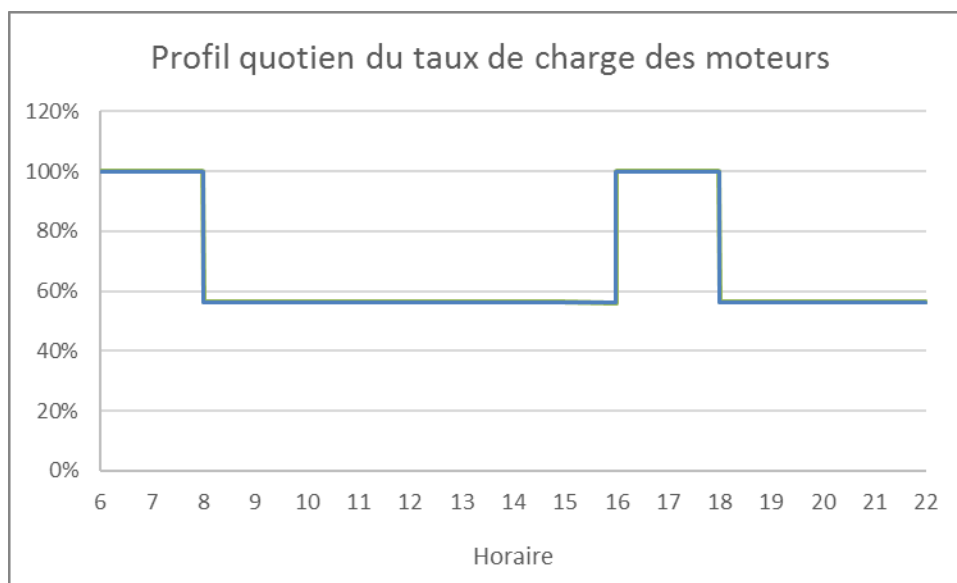
Le taux de charge moyen des moteurs considéré est donc de 100 % sur une durée de fonctionnement de 5800 heures par année.

La consommation électrique annuelle de ces installations est donc :

$$1'716 \text{ kW} \times 100\% \times 5'800 \text{ heures} = \mathbf{9'952'800 \text{ kWh/an}}$$

3.3.2. Pour les scénarios à « vitesse rapide » :

Horaire	Durée quotidienne	Durée trajet ZIPLO-P+R	Vitesse moy. des cabines	Capacité	Taux de charge du moteur
Heures de pointe (6h-8h ; 16h-18h)	4h/j	23 min	6.9 m/s	3000 pers/h	100%
Heures creuses (8h-16h ; 18h-22h)	12h/j	30 min	5.2 m/s	2260 pers/h	56 %



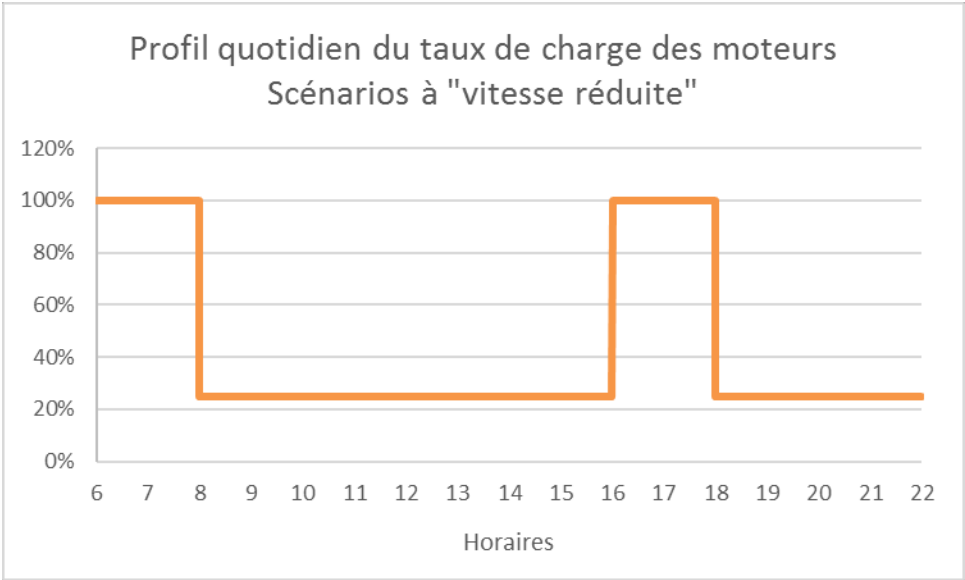
Le taux de charge moyen des moteurs considéré est donc de 67 % sur une durée de fonctionnement de 5800 heures par année (en moyenne 14 heures par jour à 56% et 4 heures à 100%).

La consommation électrique annuelle de ces installations est donc :

$$1'716 \text{ kW} \times 67.19\% \times 5'800 \text{ heures} = 6'687'038 \text{ kWh/an}$$

3.3.3. Pour les scénarios à « vitesse réduite » :

Horaire	Durée quotidienne	Durée trajet ZIPLO-P+R	Vitesse moy. des cabines	Capacité	Taux de charge du moteur
Heures de pointe (6h-8h ; 16h-18h)	4h/j	23 min	6.9 m/s	3000 pers/h	100%
Heures creuses (8h-16h ; 18h-22h)	12h/j	45 min	3.4 m/s	1480 pers/h	25 %



Le taux de charge moyen des moteurs considéré est donc de 44 % sur une durée de fonctionnement de 5800 heures par année (en moyenne 14 heures par jour à 25% et 4 heures à 100%).

La consommation électrique annuelle de ces installations est donc :

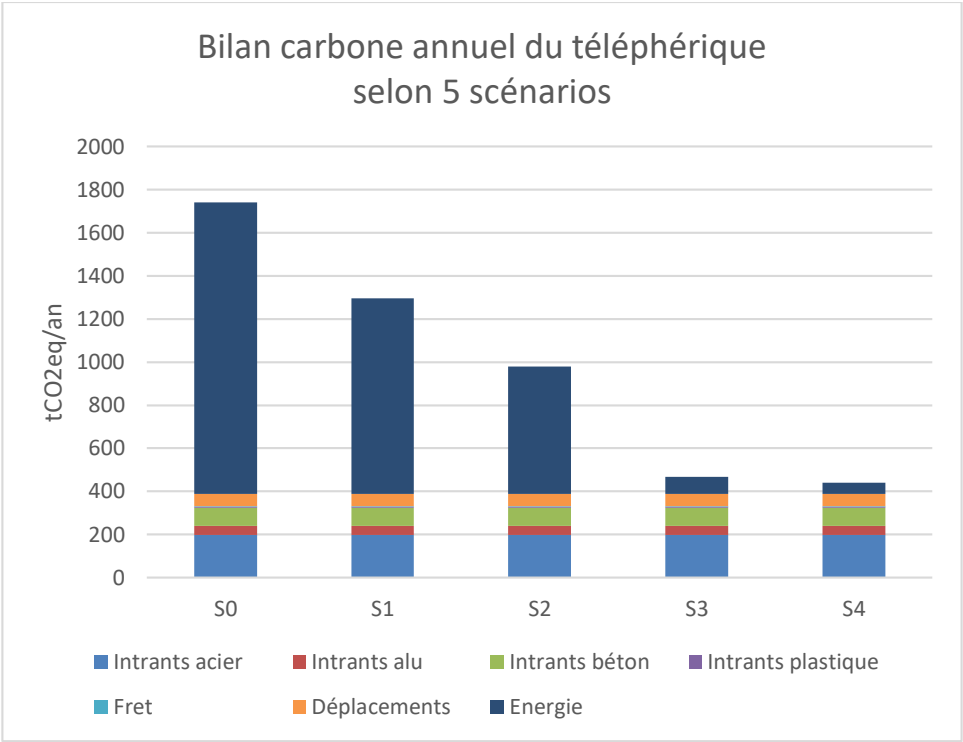
$1'716 \text{ kW} \times 44\% \times 5'800 \text{ heures} = \mathbf{4\,354\,350 \text{ kWh/an}}$

4. Résultats et discussion

4.1. Le bilan carbone selon les scénarios

Les résultats comparés des différents scénarios selon les différents postes sont les suivants :

Bilan CO ₂ (en tCO ₂ e/an)	S1 Electricité standard et vitesse rapide	S1 Electricité standard et vitesse rapide	S2 Electricité standard et vitesse réduite	S3 Electricité propre et vitesse rapide	S4 Electricité propre et vitesse réduite
Intrants acier	199	199	199	199	199
Intrants alu	40	40	40	40	40
Intrants béton	86	86	86	86	86
Intrants plastique	4	4	4	4	4
Fret	3	3	3	3	3
Déplacements	56	56	56	56	56
Energie	1354	909	592	80	52
Total annuel	1742	1298	981	469	441

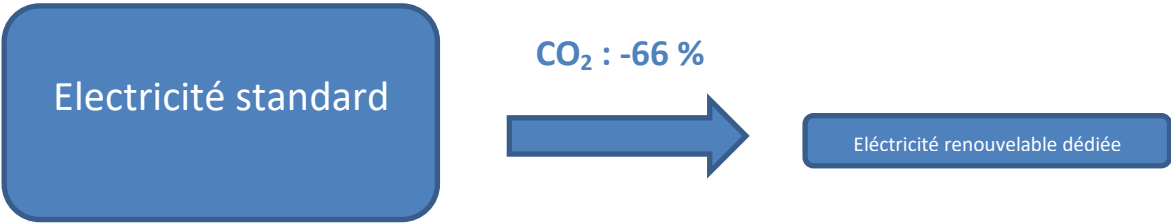


Les résultats par passager sont les suivants :

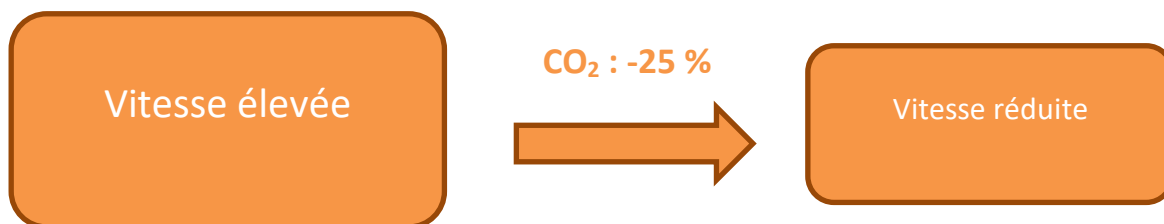
Bilan CO ₂ par passager.km	S0	S1	S2	S3	S4
gCO ₂ /passagers.km	37.2	27.7	20.9	10.0	9.4

Bien que l’infrastructure en tant que telle constitue une part importante des émissions, il apparaît que **les développeurs et exploitants disposent d’une marge de manœuvre importante pour contenir le bilan CO₂ du projet de téléphérique.**

S’ils choisissent d’investir dans des moyens de production d’électricité renouvelable, par exemple en développant une centrale solaire dédiée, le bilan peut être très considérablement réduit (réduction des émissions de l’ordre de *deux tiers* par rapport au scénario standard avec de l’électricité du mix suisse).



Dans le cas où aucun effort ne serait fourni pour la production d’électricité, la réduction de la vitesse commerciale aux heures creuses (trajet de 45 minutes au lieu de 23 aux heures de pointe) peut être une option pour réduire les émissions, même si de manière moins conséquente (réduction de l’ordre d’un *quart* par rapport au scénario avec la vitesse commerciale élevée.).

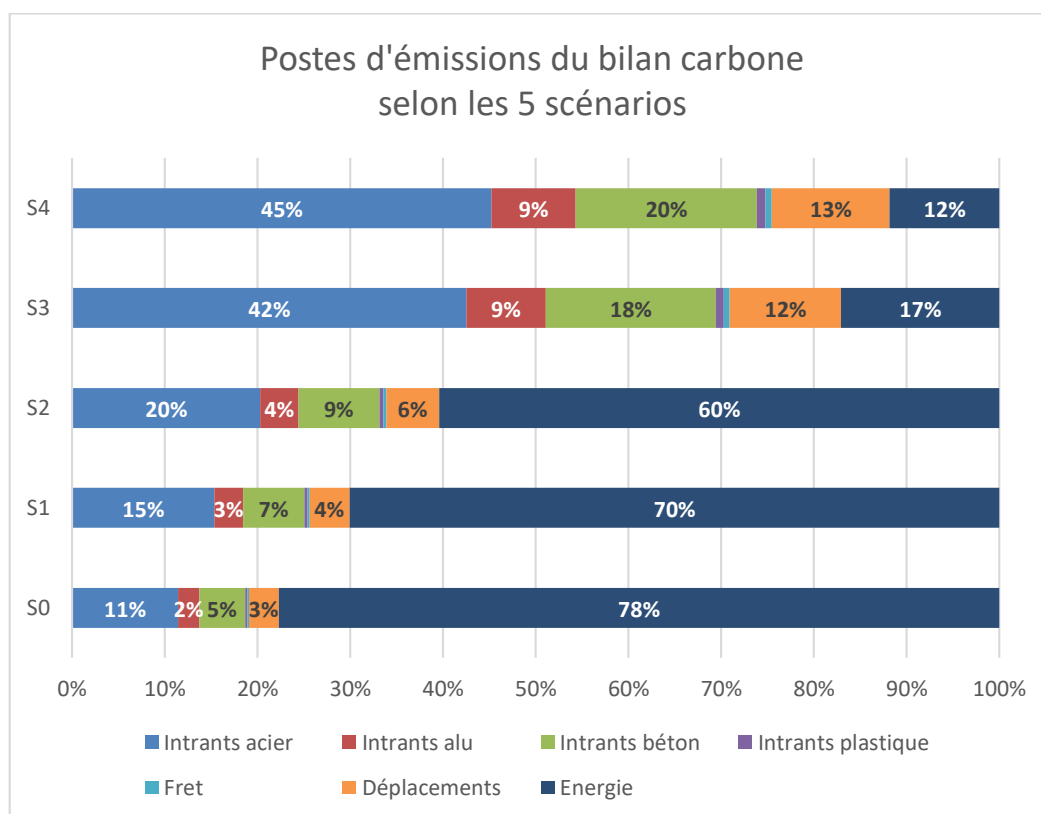


Par contre, si l'électricité qui alimente le téléphérique est renouvelable et dédiée, la réduction de la vitesse commerciale n'apporte qu'une réduction négligeable des émissions (de l'ordre de moins de 10%). Cela s'explique par le fait que les émissions liées à l'énergie sont très faibles dans le cas d'une électricité renouvelable dédiée.

22

4.2. Les postes d'émission du téléphérique

Les émissions des différents postes sont les suivantes :



L'importance du poste énergie est bien entendu confirmée. Alimenter le téléphérique avec de l'électricité renouvelable dédiée et/ou réduire la vitesse commerciale et donc la puissance appelée des moteurs, permet de réduire très substantiellement la part du poste énergie dans le bilan global.

La part des matériaux de construction du téléphérique dans le bilan CO₂ est significative, quelle que soit le scénario pour la qualité de l'électricité et la vitesse commerciale : entre minimum 19%

des émissions totales sur 30 ans pour le scénario S0 avec l'électricité standard et la vitesse maximale, et 75% pour le scénario S4 avec l'électricité propre et la vitesse réduite. Dès lors, **une attention spécifique doit être portée aux possibilités, si elles existent, de minimiser la quantité de matériaux nécessaires à la construction de l'infrastructure et de rechercher des matériaux produits avec de faibles taux d'émission.**

Par contre, nous relevons que le fret pour le transport des matériaux ne joue qu'un rôle secondaire en matière d'émissions de CO₂.

Les déplacements induits, notamment les trajets domicile-travail de la part des employés, constitue un poste non négligeable, entre 3% et 12% suivant les scénarios. **Les exploitants pourront contenir au mieux les émissions des déplacements en mettant en place un plan de mobilité adéquat pour l'entreprise.**

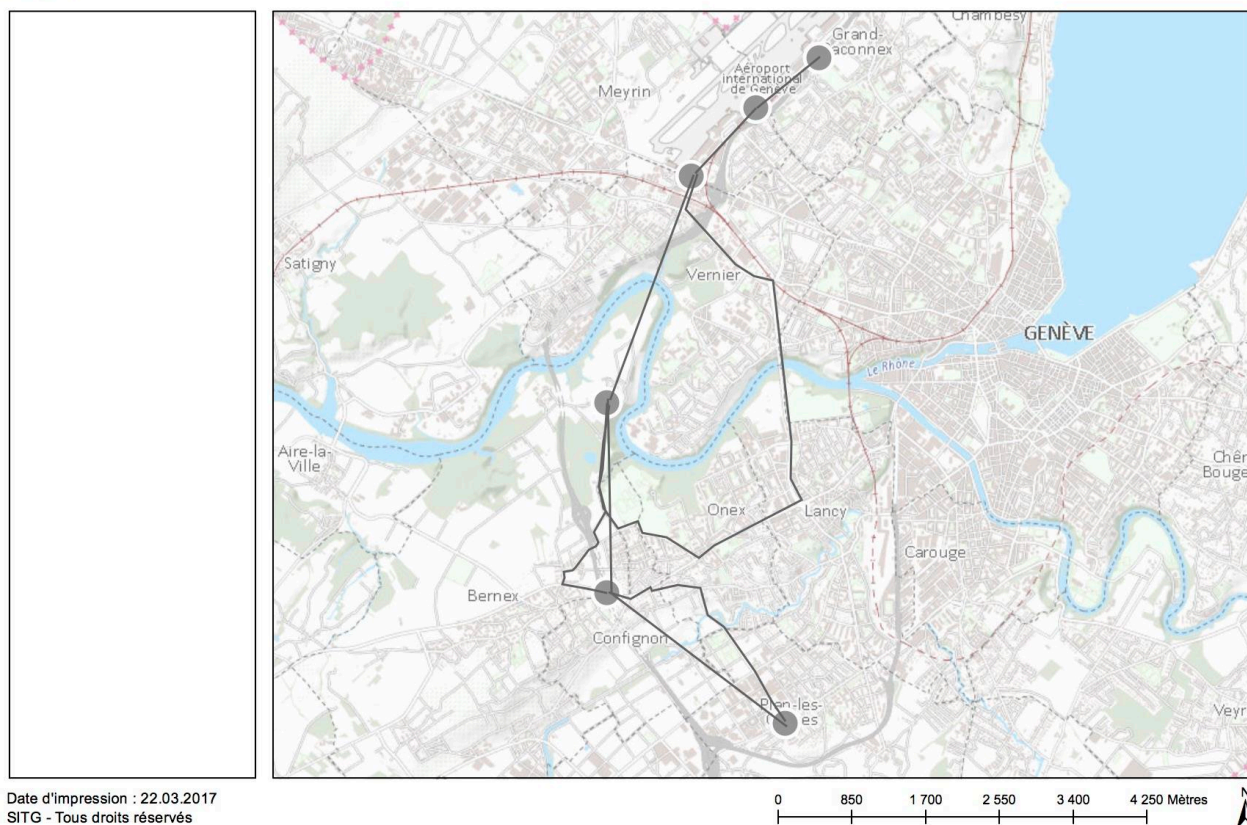
23

4.3. Comparaison avec d'autres modes de transport

L'un des avantages principaux du téléphériques est le fait qu'il peut franchir des obstacles en ligne droite, alors que les autres modes de transport doivent suivre le réseau routier terrestre. Cet avantage s'exprime évidemment aussi au niveau des émissions des gaz à effet de serre.

Pour cette raison, nous avons tenu compte de ce fait en multipliant le facteur d'émission des modes terrestres par un facteur de réseau qui prend en compte ces détours. Ce dernier est déterminé par le quotient entre distance terrestre et la distance en vol d'oiseau entre les stations. Pour la distance terrestre nous avons choisi un trajet qui nous semble être praticable par un autobus. Pour un éventuel trolleybus, cela demande évidemment l'adaptation du trajet. Une éventuelle ligne de tram demanderait une étude technique approfondie qui dépasse le cadre de cette étude.

Dans la figure ci-dessous, nous avons représenté les 6 stations (emplacements approximatifs, car les emplacements précis ne sont pas encore connus), les trajets du téléphérique en vol d'oiseau ainsi que les trajets routières qui nous semblaient praticables par un autobus.



Le tableau suivant donne les distances entre les stations pour les deux modes de liaison. Le « facteur réseau » est alors la distance du cheminement routier divisé par la distance en vol d'oiseau, soit 1.42.

	vol d'oiseau	cheminement routier
P+R Aéroport - Aéroport	940	940
Aéroport - Blandonnet	1029	1029
Blandonnet - Hôpital de Loëx	2787	5740
Hôpital de Loëx - P+R Bernex	2242	2885
P+R Bernex - Plan-les-Ouates	2583	3000
total	9581	13594

facteur réseau 1.42

Les bilans des émissions dépendent fortement de quelques autres hypothèses qui doivent être dûment spécifiées pour permettre une appréciation des résultats. Les hypothèses les plus importantes concernent la durée de vie des installations, le facteur d'émission de l'électricité consommée pendant l'exploitation, la vitesse commerciale et le taux de fréquentation. Pour le tram nous avons retenu les données les plus récentes disponibles des moyennes de plusieurs réseaux de tram en Suisse. A noter que certaines références ne considèrent que les émissions issues de l'exploitation sans tenir compte de celles générées par la construction des infrastructures et de des véhicules.

Les principales hypothèses pour les moyens de transports terrestres sont données dans les tableaux

suivants :

Données Tram		
Facteur d'émission de l'électricité	Tension moyenne 122.9 gCO ₂ eq/kWh	Base de données Treeze ²⁰
Durée de vie des véhicules et de l'infrastructure	40 ans	Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30 ²¹
Taux d'occupation	29 % de la capacité, ce qui correspond au taux d'occupation et conditions d'exploitation moyennes de Suisse.	Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30 ²²
« Facteur de réseau »	1.42	Calculs Noé21

Données Trolleybus		
Facteur d'émission de l'électricité	Tension moyenne 122.9 gCO ₂ eq/kWh	Base de données Treeze ²³
Durée de vie des véhicules	17 ans	Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30 ²⁴
Taux d'occupation	19% de la capacité	Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30 ²⁵
« Facteur de réseau »	1.42	Calculs Noé21

Données Autobus		
Durée de vie des véhicules	17 ans	Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30 ²⁶
Taux d'occupation	17 % de la capacité	Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30 ²⁷
« Facteur de réseau »	1.42	Calculs Noé21

²⁰ [Itten R. et al, Life Cycle Inventories of Electricity Mixes and Grid, Version 1.3, Treeze Ltd, p 207](#)

²¹ [Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30](#)

²² [Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30](#)

²³ [Itten R. et al, Life Cycle Inventories of Electricity Mixes and Grid, Version 1.3, Treeze Ltd, p 207](#)

²⁴ [Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30](#)

²⁵ [Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30](#)

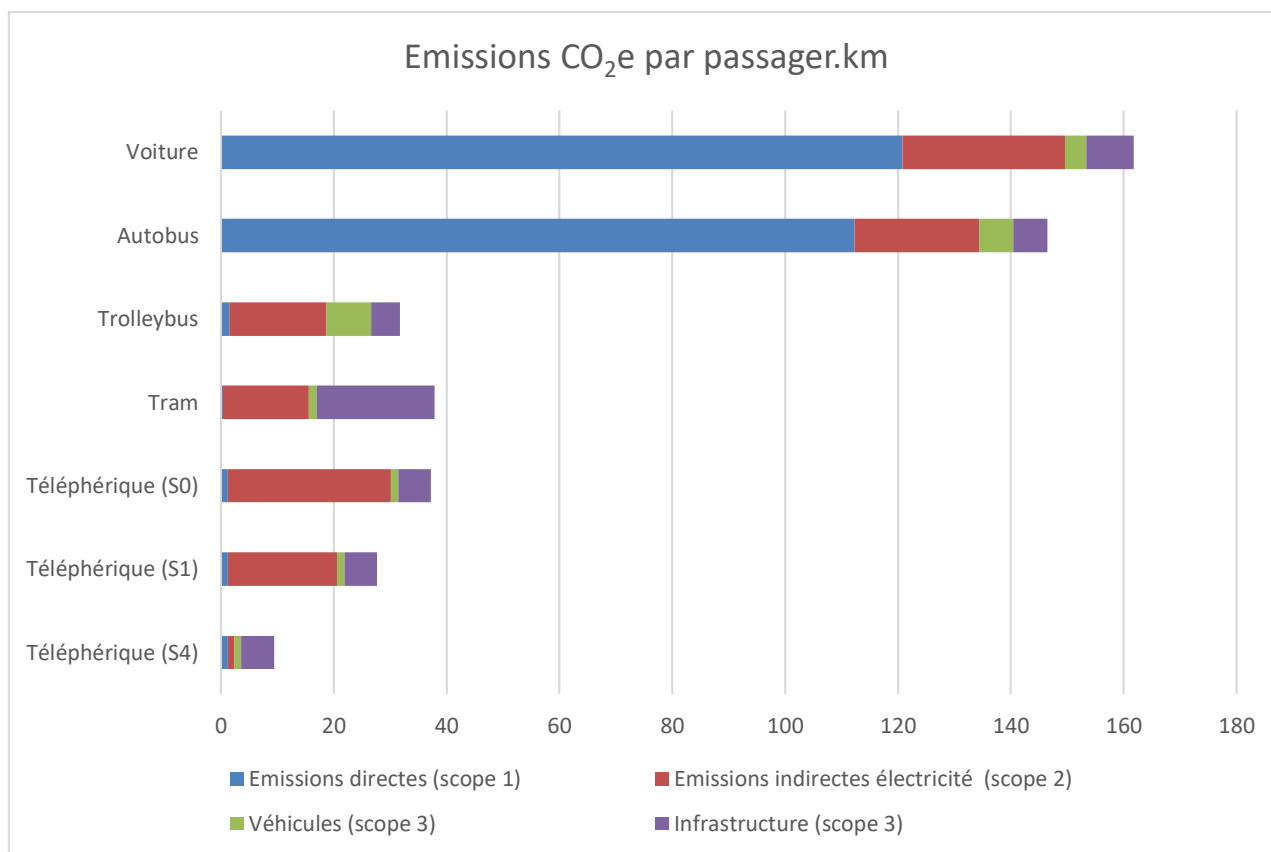
²⁶ [Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30](#)

²⁷ [Frisknecht R. et al. mobitool-Grundlagenbericht p 30](#)

Comparaison des émissions des différents modes de transport²⁸ :

Emissions en gCO ₂ /km.passagers	Emissions totales	Emissions directes ²⁹ (scope 1)	Emissions indirectes électricité (scope 2)	Véhicules (scope 3)	Infrastructure (scope 3)
Téléphérique (S4)	9.4	1.2	1.1	1.3	5.8
Téléphérique (S1)	27.7	1.2	19.4	1.3	5.8
Téléphérique (S0)	37.2	1.2	28.9	1.3	5.8
Tram	37.9	0.4	15.2	1.4	20.9
Trolleybus	31.7	1.5	17.2	7.9	5.1
Autobus	146.5	112.3	22.1	6.0	6.1
Voiture moyenne	161.8	120.8	28.8	3.8	8.4

26



Globalement, le téléphérique est le mode de transport qui présente le bilan CO₂ le plus économe. Néanmoins, dans le cas où aucun effort particulier ne serait mené ni au niveau de la qualité de l'électricité utilisée ni au niveau de la vitesse commerciale (S0), les émissions sont du même ordre que le trolleybus ou que le tram. **Comme les émissions liées à l'électricité sont les plus importantes, investir dans une électricité renouvelable dédiée et réduire la vitesse commerciale aux heures creuses (S4) peut permettre au téléphérique de présenter un bilan carbone 4 fois meilleur.**

²⁸ [Mobitool, 2016](#)

²⁹ Y compris entretien des véhicules

Nous avertissons toutefois le lecteur que la présentation des résultats en gCO₂e/km.passagers présente l'avantage de permettre la comparaison entre les modes de transport, mais que celle-ci est très dépendante de la fréquentation. Au contraire des autres modes de transport, la fréquentation du téléphérique est une projection. Or, en valeurs absolues, les émissions du téléphérique sont très peu dépendantes de la fréquentation (hormis la possibilité de réduire la vitesse commerciale si la fréquentation est faible). Ainsi, **si la fréquentation réelle du téléphérique est deux fois plus faible que celle que nous avons projetée (5 millions de passagers/an), les émissions par passagers.km doubleront et dépasseront nettement celles du tram ou du trolleybus.**

La comparaison entre modes de transport montre **l'importance des émissions liées aux infrastructures pour le tram**, alors même que de nombreux bilan carbone de tram n'en tiennent pas compte. Ainsi, une fois construit, l'exploitation d'un tram est nettement moins émettrice que l'exploitation d'un téléphérique (à qualité d'électricité équivalente). Dans le bilan du trolleybus, c'est le poids des véhicules qui se démarque, notamment parce que ceux-ci transportent moins de passagers. Enfin, la voiture et l'autobus, dont le bilan par passager est assez sensiblement similaire, ont des émissions importantes surtout du fait de la combustion du carburant

5. Conclusions et recommandations

Du point de vue des émissions de CO₂, le téléphérique urbain représente indéniablement un mode de transport efficace et sobre. En ce sens, il peut représenter une perspective crédible de développement du tissu de transports publics sur Genève. Néanmoins, son bilan carbone est très dépendant des choix qui seront effectuées en matière de qualité de l'électricité utilisée pour son exploitation et de la vitesse commerciale, en particulier en dehors des heures de pointe : les émissions du téléphérique peuvent être divisées par quatre si la consommation d'électricité est couverte par une ressource renouvelable dédiée (par exemple via l'investissement dans une centrale solaire) et si le temps de parcours est rallongé aux heures creuses.

En comparaison des autres modes de transport, le téléphérique se positionne en haut du classement. Toutefois, ses émissions par passager pourraient dépasser celles du tram et du trolleybus si la fréquentation prévue n'était pas au rendez-vous.

Les résultats présentés dans ce travail sont basés sur des données prévisionnelles pour un projet qui n'en est qu'à son stade initial de développement. De plus, l'établissement de bilan carbone suppose de recourir à des facteurs d'émissions standardisés pour prendre en compte l'ensemble des étapes du cycle de vie, ce qui implique des résultats avec d'importantes marges d'erreur. Les résultats présentés ont ainsi un intérêt en tant qu'ordres de grandeur et en comparaison pour orienter des décisions à prendre, plus qu'en tant que valeurs numériques absolues.

Dans l'optique de minimiser les émissions de CO₂, nous recommandons ainsi aux développeurs et futurs exploitants du téléphérique de :

- Dans le cadre du projet du téléphérique, prévoir un investissement pour des moyens de

- productions renouvelables dédiés (centrales photovoltaïques...) ;
- Réduire autant que possible la vitesse commerciale aux heures où la demande est réduite afin de minimiser le besoin en puissance électrique appelée ;
 - Tenir compte de la provenance et la composition des matériaux de construction qui pèsent lourd dans le bilan CO₂ ;
 - Mettre en place un plan de mobilité pour réduire les déplacements individuels motorisés des employés et des utilisateurs.