Au service de l'intermodalité[1]

TRANSPORT PUBLIC ET AGENDA 21

LES LETTRES DE NOBLESSE DES TRANSPORTS PAR CABLE

INTRODUCTION

Si on demande à un de nos concitoyens ou à un de ses représentants élus de citer les moyens de transports collectifs dont nous disposons, sa réponse comportera certainement le bus, sans doute le trolleybus, le train et le tramway, peut-être le VAL. Mais il y a peu de chance que les transports par câble (TC) figurent dans sa réponse. Et pourtant, ainsi que nous allons le voir, les transports par câble possèdent toutes les caractéristiques d'un très bon transport collectif, ce qu'ils sont dans les stations de ski d'ailleurs. En Suisse et en Autriche, les TC sont d'utilisation courante comme transports collectifs. Les Suisses, avec 308 appareils de transport public par câble figurant dans leur indicateur officiel des Chemins de Fer Fédéraux, ont une capacité de desserte par câble de 1 millions de passagers/heure ! Mais en France, et dans la Région Urbaine Grenobloise en particulier, alors même que l'un des plus gros constructeurs de TC y est implanté, seuls quelques pionniers y songent et savent le parti que nous pourrions en tirer. Et les élus capitulent devant une minorité active encore dans l'obscurantisme qui prévalait contre le tram il y a quelques années.
Avant de se demander à quel usage ils sont le mieux appropriés, il est nécessaire de faire un petit tour d'horizon de ce que l'on demande à un transport collectif. Outre le contexte légal des transports, la réponse comporte deux volets : celui de la collectivité et celui du citoyen. Les éléments techniques des TC doivent venir ensuite, pour le choix du matériel à utiliser.
Le détail des chiffres donnés dans les tableaux ci-dessous est justifié en annexes afin que chacun puisse en vérifier le bien fondé.

LES EXIGENCES DE LA LOI

Le texte ci-dessous rappelle les exigences de la **L**oi d'**O**rientation des **T**ransports **I**ntérieurs (LOTI, 30/12/1982) telle que revues par la version de février 2005 :

Le système de transports intérieurs doit satisfaire les besoins des usagers dans les *conditions économiques, sociales et environnementales les plus avantageuses pour la collectivité*. Il concourt [….], au développement économique et social, à l'aménagement équilibré et *au développement durable du territoire*

•Ces besoins sont satisfaits *dans le respect des objectifs de limitation ou de réduction des risques, accidents, nuisances, notamment sonores, émissions de polluants et de gaz à effet de serre* ……

[1]**EFCABLES 179 SERVIANTIN 38330-BIVIERS T : 04 76 52 44 84 F: 04 76 52 17 88**

La Loi de Grernelle I complète le dispositif.

Les procédures de décision seront révisées pour privilégier les solutions respectueuses de l'environnement, en apportant la preuve qu'une décision alternative plus favorable à l'environnement est impossible à un coût raisonnable"

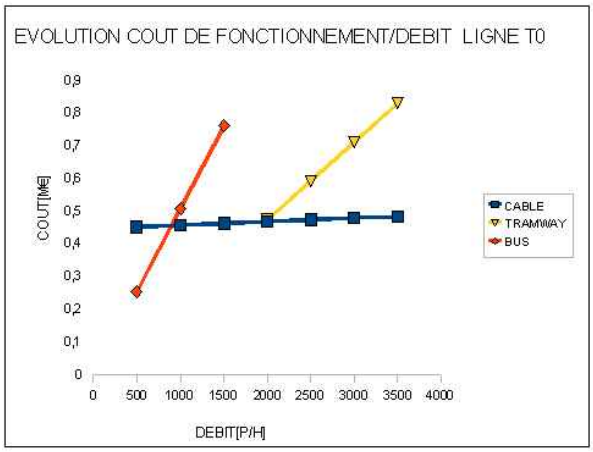
Prix et respect de l'environnement (en particulier les nuisances sonores et les émissions de gaz à effet de serre sont cités sans ambiguïté).

Commençons par les problèmes de coût. L'analyse présentée en annexe I nous fournit les données comparatives entre divers modes.

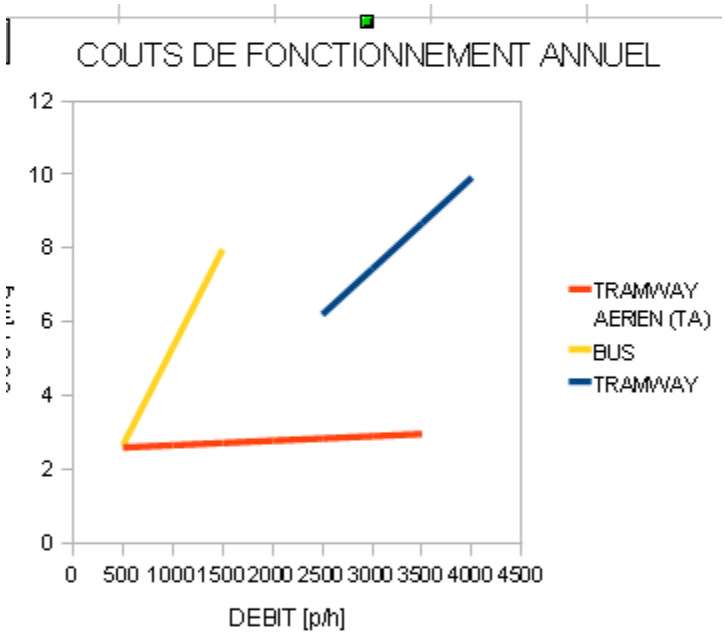
LE COÛT, ELEMENT ESSENTIEL D'UN PROJET

MODE	COÛT/KM	+	-
AUTO	15,4 M€ (Deux voies, véhicules compris	Indépendance, confort	Pollutions, investissement embouteillages accidents
BUS	16,5 M€ (bus et voirie, deux sens)	Fluidité, accessibilité	Lenteur, inconfort bruyant
TRAM (Voie & rames)	32 M€ (MARECHAUX) 39 M€ (Grenoble C) 50 M€ (Nice)	silencieux, propre, fréquent	Investissement fort Pente limitée
FUNICULAIRE	10 M€(Voie & rames)	Fluidité, silence, propreté	Investissement Attente
TELECABINE	5-7M€ (cles en mains)	Fluide, silencieux, propre, confortable très fréquent	Impact visuel (id les routes)

Pour mémoire 10km de l'A51=180M€ : 18M€/km, pour la seule voirie.
Les éléments du calcul de ces coûts sont donnés en annexe I.
On ne doit pas oublier dans les calculs de coût les frais d'entretien. Chaque installation est un cas d'espèce, mais sur plusieurs installations pour lesquelles nous avons pu avoir des données fiables, nous avons observé des frais annuels compris entre 0.3 et 0.5% du prix de l'investissement. Les villes qui exploitent des trams se montrent très discrètes sur les coûts de fonctionnement. Mais à partir des données de la SEMITAG, nous avons pu évaluer , en fonction du débit, le coût de fonctionnement annuel tout compris d'un système bus, tram ou tram aérien. La comparaison figure ci-dessous.



Comparaison des frais d'exploitation sur le même itinéraire entre les modes routiers et le tram aérien.



Cout d'exploitation de la ligne Grenoble CentrAlp.

Outre les aspects financiers cités ci-dessus, signalons que la collectivité est alors autorisée à majorer son taux de taxe de versement transport. L'amortissement d'un TC est donc très rapide.

L'EFFICACITE ENERGETIQUE[2]

L'état de notre environnement se dégrade lentement mais surement. Ce doit être notre préoccupation première. Il est donc important de mettre en évidence l'efficacité énergétique des divers modes de transport. Nous avons pour cela abordé le problème de deux façons *complètement indépendantes* :

- En calculant les consommations par passager pour un trajet donné. En l'occurrence, un trajet automobile de 10km avec une ente moyenne de 5.4% correspondant à la pente moyenne autour de Grenoble (cf annexe II)
- En définissant un indice d'efficacité énergétique (également en annexe II)

La première option nous conduit au tableau ci-dessous :

MODE	CONSOMMATION (KWH)	Consommation / passager
Personne seule à pied	0.12 KWh	0.12 KWh renouvelables
Transport par câble (TC 8 places, montée chargée et descente vide	2.24 KWh	0.28 KWh
Transport par câble (TC 8 places, montée 1 personne/cabine sur la montée et descente vide	1.71KWh	1.71KWh
TRAMWAY CITADIS (300 passagers)	320KWH	1 KWH
Bus + Chauffeur+ 60 passagers 35l/100km, 20kmAR	81.2 Kwh	1.35 KWh
Auto +4 passagers	17.3 KWh	4.7 KWh
Auto + conducteur seul (Clio 7CV ESSENCE) 8.5l /100km	13.1 KWh	13.1 KWh

Les résultats sont nets. Encore faut-il souligner que nous n'avons pas traité le cas d'un bus avec trois passagers (voire un seul), cas que nous avons observé à de nombreuses reprises sur le réseau de l'Oisans, ou d'un tram avec une seule personne. Bus et Trolleybus ont les mêmes consommations. Le Trolleybus ne fait que délocaliser sa pollution.
La méthode de l'indice d'efficacité énergétique, indépendante du calcul ci-dessus nous redonne le même classement et l'annexe II donne une définition simple de la notion d'efficacité énergétique et nous permet de comprendre les raisons de cette situation.

Le résultat obtenu pour l'indice d'efficacité énergétique figure en annexe II. Le rapport des masses est le rapport masse des passagers/masse totale en mouvement. Les véhicules sont supposés chargés à leur capacité nominale.
Le coefficient de frottement roue/sol est bien connu des mécaniciens (Cf le formulaire technique de Muller)

[2] Cette notion est définie en annexe II

On peut multiplier les cas particuliers. Rien n'y fait : frottements et rapports de masses sont impitoyables.

Ces résultats sont d'ailleurs compréhensibles : contrairement à tous les autres modes une télécabine ne transporte ni son moteur, ni ses freins, ses clignotants, phares etc… Et la masse de la cabine et du câble sont faibles par rapport à celle des passagers. Par ailleurs les frottements peuvent être minimisés puisqu'on est en site propre intégral.

LES ATTENTES DES USAGERS

RUBRIQUE	COMMENTAIRE	QUALITE[3]
Temps d'attente très réduit et respect des horaires	quelques secondes pour une télécabine à mouvement continu. Qui fait mieux ?	++
Temps de transport réduit	vitesse commerciale garantie : 21km/h	=
Fiabilité du transport (pas de panne intempestive)	c'est le cas	=
Des horaires cadencés et mémorisables	cadencés à quelques secondes, on ne mémorise que les heures de début et fin de service	+
Une plage horaire étendue	jusqu'à 24h/jour, au choix de la collectivité	=
Une bonne information	comme pour les autres modes	=
Des arrêts repérables	comme pour le tram, ligne visible	=
Confort pendant l'attente (abribus efficaces contre les intempéries, le froid ou le soleil)	L'attente de transport n'existe pas. Mais une salle d'attente est la bienvenue pour se regrouper avant le départ. Elle est possible dans des conditions décentes en gare	++
Confort de voyage	Le chauffage des cabines est possible, et on y lit plus facilement que dans le tram.	++
Sentiment de sécurité (arrêts éclairés, avec alarme anti-agression)	les personnel en gares en sont garants	++
Sécurité par rapport aux accidents	les TC connaissent peu d' accidents graves (+ de 6 jours d'hospitalisation) : 12 blessés/an en France	+++
Continuité d'itinéraire : les ruptures de charge	comme pour tous les modes : dépend du schéma de transport et de l'urbanisme	=
Un coût réduit	peu de personnel, et coût d'exploitation réduit	++
Une tarification intégrée tous modes	selon le choix des élus	=
le respect de l'environnement	de loin le meilleur rapport qualité/prix	+

Chaque utilisateur peut affecter des importances différentes à chaque critère, mais ils sont tous là. Que dire en outre de la durée et des perturbations liées à l'implantation d'un tram, infiniment plus longues et plus pénibles que celles liées à l'implantation d'une télécabine?

REFLEXIONS COMPLEMENTAIRES

Certains reprochent aux TC la perturbation visuelle qu'ils apportent au paysage. Jusqu'à preuve du contraire, les habitants de Grenoble n'ont jamais demandé le démontage du téléphérique de la Bastille : tout simplement parce que cette perturbation tient plus du

[3]La colonne qualité fait référence aux caractéristiques du Tram. = signifie que tram au sol et TC sont équivalents, + que le TC répond mieux aux besoins des usagers.

fantasme que de la réalité : le TC ne fait aucun bruit et ne pollue pas. Que diraient-ils d'une route, qui est non seulement est visible de très loin, mais aussi bruyante et odorante ? A ce sujet, il convient d'observer que, étant en l'air, le mouvement de la télécabine ne participe pas au brassage des poussières dont on connaît le rôle dans les problèmes pulmonaires. Il est donc plus sain que même un tram.

Point qui mérite d'être pris en considération : sur le parcours précédent, le TC mettra 5minutes (1877 m de ligne à 6m/s), alors que la voiture, (10km à 60km/h) mettra 10 minutes.

Enfin, contrairement aux autres modes motorisés, l'accès des cycles à un TC est sans problème, car, outre les aspects réglementaires, débit et temps d'attente sont tels que l'on y est rarement comprimé ! Le TC est donc l'intermédiaire le mieux placé pour assurer la correspondance entre deux autres modes de transport, un point vital dans un cadre de lieux d'habitat et de travail éclatés qui rendent inévitable les correspondances entre modes.
Pour résumer la situation le câble c'est :

- Le plus économique des modes de transport motorisés, à l'exception des vélos à assistance électrique.
- Des travaux de mise en place beaucoup plus courts et plus simples à gérer (entre 6 et 8 mois pour la mise en place, dont seulement une fraction pour les travaux ayant une incidence sur le trafic)
- Peu de risques de conflits avec les archéologues, comme dans certaines villes.
- Une disponibilité de 99.8%
- La plus faible des consommations énergétiques
- Le plus faible des coûts d'entretien annuels : entre 0.3 et 1.5% de l'investissement
- Des intérêts d' emprunts très limités
- Une très faible charge de main d'oeuvre
- Un système sans attente, confortable et silencieux
- Un accueil humain en gare avec pourtant un effectif salarié très faible
- Des contrôles anti-fraude efficaces et simplifiés
- Le plus sûr et le plus agréable des moyens de transport.
- Une place considérable dégagée pour des espaces verts
- Le plus écologique des modes de transport motorisés
- Une vitesse commerciale de 21 à 27km/h (17 pour la ligne B de Grenoble en heure creuse)

LES UTILISATIONS BIEN ADAPTEES

Les TC sont un excellent complément d'un réseau existant. N'exigeant pas de temps d'attente, les TC s'y intègrent sans les inconvénients habituels des attentes de correspondance. Ils s'adressent aux piétons, cyclistes et usagers intermodaux des autres modes de transport collectifs, ou encore aux automobilistes multimodaux soucieux d'environnement.
Parmi toutes les possibilités d'utilisation, on peut citer :

- Liaison piétons/cycles entre deux rives d'une vallée inondable
- Liaison permettant d'éviter la construction d'ouvrages d'art supplémentaires[4] (traversée d'une autoroute par un échangeur ne permettant pas aux piétons et cyclistes de s'y insérer, ou saturé ne permettant pas une exploitation par bus de cette traversée.
- Liaison entre pôles urbanisés en montagne.
- Liaison fond de vallée -> zone de montagne[5]

[4] Voir les prix des passerelles piétons-cycles construites ces dernières années. d'art en annexe III

- Liaison d'un pole de transport collectif (ex : gare ferroviaire) à un autre pôle de transport[6] (ex : gare-aéroport).
- Traversée de zones agricoles que l'on ne veut pas couper en deux
- Desserte d'une zone industrielle située à moins de 4km d'une gare.
- Liaison Gare SNCF centre ville lorsque les deux ne sont pas au même niveau

CONCLUSION

Comme on le voit, les TC sont sinon le meilleur moyen de transport collectif à installer partout, tout au moins l'un des modes les plus efficaces au regard de la loi, du coût d'implantation, de la consommation d'énergie et de la satisfaction des critères utilisateurs. Fonctionnant à l'électricité, ils contribuent à l'indépendance énergétique de notre pays. A ces titres, ils ont toute leur place dans la panoplie des transports de demain et doivent être pris en considération dans toutes les analyses conduisant au choix d'un mode de transport. Enfin, même si ce facteur est souvent oublié des décideurs, signalons qu'à partir de l'étude de l'AFSSE, nous avons pu montrer que le coût des maladies pulmonaires sur l'agglomération de Grenoble s'élève à 35Millions d'Euros/an. L'utilisation des TC est donc une nécessité incontournable dans les dessertes des montagnes entourant des villes comme Grenoble, Chambery ou Annecy.

Les données de ce document montrent sans ambiguïté que les transports par câble sont les nouveaux tramways, en mieux. Mais comme pour le tram, cela ne signifie pas qu'il soit possible ou souhaitable d'en mettre partout. Au moins doit-on se poser la question chaque fois, ce qui est d'ailleurs une des exigence de la LOTI. On trouvera en annexe IV quelques exemples d'utilisation des TC en milieu urbain ou péri-urbain.
Enfin, leur montage et démontage étant très aisés, il est tout à fait raisonnable d'en proposer l'utilisation temporaire en attendant par exemple un éventuel tram ou tram-train.

Rédacteur : P.JAUSSAUD
Date de révision : 11/12/08 : révision à la baisse de l'énergie du mode télécabine 8 places.
17/01 : correction d'une erreur de transcription : la consommation d'une rame CITADIS est de 320 kwh et non 32 kwh. Correction sans changement sur le résultat final.
Ajout de l'annexe IV : liste de quelques matériels urbains ou péri-urbains existants.
26/06/06 : Explications sur l'efficacité énergétiques améliorées et ajout d'une annexe sur l'évolution du prix des carburants
23/10/06 : introduction d'une annexe sur les conséquences du tout électrique
3/11/06 : mention du débit en transport par câble public en Suisse, que nous a indiqué en novembre 2006 le Professeur BOVIE de l'EPF de Lausanne, et consultant transport du COJO.
1/11/08 : introduction des coûts de fonctionnement comparés (Bus, Tram, TC)

[5] La liaison Brides les Bains Méribel (2,6km) a littéralement boosté l'économie et la vie de la commune de Bride, sans faire souffrir Meribel . Bourg d'Oisans pourrait par exemple bénéficier de la dynamique de la station d'Huez, sans pour autant gêner Huez.
[6] Un exemple, celui de la liaison Crolles Brignoud à l'étude

ANNEXE I

APPROCHE DES COUTS D'INVESTISSEMENT ET FONCTIONNEMENT

Automobile

Les coûts de création d'une route dépendent de la zone d'implantation. Ainsi, ceux de la route de Laffrey sont sans aucun doute supérieurs aux coûts d'une voirie dans le fond de la vallée de l'Isère. Mais retenons le prix de base d'une file généralement admis : 15 M€ du km pour deux voies.

Le calcul porte sur un débit de 3600 personnes/h, le maximum permis par une file de voiture circulant à 60km/h. Les véhicules correspondent à des véhicules avec 4 passagers (en réalité 1,3 passager/voiture en moyenne), au prix moyen de 12000 euros (type clio 7CV). Pour ce débit, et avec ces véhicules, il faut 1minute/km de parcours, et il faut lancer 3600/4=900 véhicules par heure/sens, et donc 15 véhicules/mn/sens. L'investissement pour nos conditions est donc de 15*12000 soit 180000€/km/sens
Ainsi route +investissement = 7,68M€ par sens de parcours. Pour les deux sens on doit donc investir 15,36 M€/km.
L'estimation des coûts de fonctionnement automobile est une source de discussion sans fin. Doit-on prendre les chiffres donnés par les revues automobiles ou le chiffre accepté par les services fiscaux (0,364 €/km)? La générosité proverbiale des services fiscaux nous conduit a prendre à minima ce chiffre. Pour le débit considéré, et 60km/h de vitesse moyenne, on parcourt 1km en une minute, pendant laquelle il faut lancer au total 2*15=30 véhicules, et sur une heure ce sont 1800 véhicules qui vont parcourir 1km, pour un coût horaire de 655€/km.

Bus

Le même calcul que ci-dessus appliqué à un réseau de bus de 60 personnes conduit à 16.5 M€/km.
Les coûts d'exploitation de bus peri/interurbains sont estimés à 4 ou 5 €/km, contre 3€/km en urbain (investissement et fonctionnement confondus, le réseau de Gap revient à 5,89€/km). .Nous admettrons 4,5€/km. A 30 km/h de vitesse, sur 1km on a deux bus en circulation, soit un coût au km de 9€ pour 2 minutes, ou 270€/heure par sens de circulation, soit 540€/km/heure tous sens confondus. Ce chiffre inclue l'entretien et les amortissements du matériel. (NDLR : Les chiffres en 2007 sont sensiblement supérieurs : entre 6 et 10 €/km)

Tram

Nous avons utilisé le prix prévu pour feue la ligne de tram Grenoble Moirans : 480M€ pour 22 km., soit 21,8 M€/km (installation complète). Pour mémoire, le Tramway des Maréchaux à Paris coûte 313M€ pour 7.9km, soit 39M€/km, le même prix que la la ligne C de Grenoble. Mais ce chiffre inclue des travaux de voirie. Et la Mairie de Nice annonce son tram, en fin de travaux, pour 50M€/km

La consommation est plus difficile à cerner. La puissance des matériels de dernière génération est de 618KW en régime permanent. La vitesse moyenne du tram est de l'ordre de 20km/h, prenons 30 km/h en milieu péri-urbain. Les rames ont une capacité pleine de 200 personnes (300 en saturation). Pour un débit de 3600 p/h, il faut 12 rames de 300 personnes/sens ou 18 rames de 200 personnes à l'heure/sens. Partons sur 12 rames par sens consommant sur 1km chacune 618*2/60 KWH=20.6 KWH. La consommation/personne en terrain plat à 0.07 kwh/km. Ce chiffre très bas est peu vraisemblable : il suppose en effet que l'énergie au

démarrage est entièrement récupérée, ce qui n'est jamais le cas. On en récupère au mieux 60%. Par ailleurs n'oublions pas que le calcul est fait en terrain plat. Si on rajoute la contribution de montée pour une masse totale de 78 Tonnes, environ 12 KWH, on arrive à 32KWH pour nos 300 passagers, soit 0.10 KWH/ passager. Ce calcul est fait pour 1km de ligne en pente. Pour le comparer au calcul fait sur une pente de 5.4% sur 10 km, il faut multiplier ce résultat par 10 : 1KWH/passager, soit plus du double de la télécabine en pleine charge.
On note que le rapport entre les chiffres en côte et à plat (0.1/0.07=1.42) est un peu inférieur au rapport puissance crête/puissance nominale du moteur du CITADIS (1080/618=1.74), ce qui est souhaitable pour se garder une marge de puissance suffisante pour redémarrer en côte. L'intérêt de cette ultime vérification est de confirmer la pertinence de l'analyse faite ci-dessus.

Funiculaire

Nous avons pris pour base les funiculaires de Val d'Isère, de Tignes, des Arcs et des Deux Alpes. Ces prix ont été réactualisés en euros 2005 en appliquant l'indice de construction fourni par l'INSEE (de 1989 à 2005 +41%).

APPAREIL	FUNIVAL (1987 : +44%))	TIGNES (1989 :+41%)	LES ARCS (1989 +41%)	LES DEUX ALPES(1990+34%)
COUT REACTUALISE	21.5M€	42 M€	27.5 M€	NC
LONGUEUR	2.2 km	2.5km	3km	
PRIX/KM	9.77 M€/km	16 M€/km	9.16M€/km	

Les appareils des deux Alpes et de Tignes sont entièrement en tunnel, et sont donc plus chers que les deux autres. Ajoutons que le prix de celui de Tignes est soigneusement gardé secret, et que nous n'en avons eu qu'une estimation.

TRANSPORTS PAR CÂBLE

Plusieurs devis de deux constructeurs ont été utilisés : Devis POMA et DOPPELMAYR pour le premier tronçon TC Gières Uriage de la Télécabine Gières Chamrousse, et devis POMA de la liaison Brignoud Crolles.

Remarquons la différence de longueur des appareils. Comme il faut deux gares quelque soit la longueur des lignes, une ligne longue est forcément moins chère au km qu'une ligne courte.

Pour terminer cette étude de coûts, il faut insister sur deux points : la raréfaction du pétrole va nous conduire à faire basculer nos consommations vers l'électricité. Or actuellement les deux tiers de l'énergie consommée en France proviennent du pétrole. Il va donc falloir multiplier par trois les centrales de productions d'électricité. Cela a un coût que l'on peut diminuer si on donne la priorité aux modes de transport les moins gourmands. De plus la difficulté de reconvertir les voitures à l'électricité va nous conduire à multiplier les installations de transport collectif. La encore, choisir les moins chers sera une obligation.
Ces deux contraintes donnent une supériorité écrasante au transport par câble.

ANNEXE II

MODE DE CALCUL DES CONSOMMATIONS

Le présent document a pour but de comparer les consommations énergétiques par passager pour divers modes en terrain accidenté. Les modes retenus sont les suivants :

- Marche
- Automobile (une clio 7CV) ,
- Autocar 60 places
- Tram Citadis
- Télécabine 8 places 3600p/h

Donnée de base, fournies par l'ALE : 4l Gasoil=6l essence=46.4 kwh

Consommations de carburant

- Bus urbain : 35 l/100 km, et on a 70l/100 km en montée, mais très peu en descente. La moyenne reste donc de l'ordre de 35l/100km.
- Clio 7CV essence en montagne : 7.5l/100 km en conduite économique
- 1 CV=0.736 KW

Puissance du moteur de la télécabine en régime permanent : 1010 Kw (équivalent à 5 bus)
Une cabine toutes les 8 secondes pour un débit de 3600 p/h.
La consommation dépend bien sûr de la configuration du terrain (pente, dénivelée..). Pour rester concret, nous avons pris un terrain moyen autour de Grenoble, et nous avons calculé la moyenne pondérée des pentes vers Chamrousse, St Nizier et le Sappey, dont les caractéristiques sont les suivantes :

Liaison	Distance	Dénivelée	Pente moyenne
G / Chamrousse	28km	1429m	5.1%
G / Sappey	11.5km	835m	7.26%
G / St Nizier	19.1 km	960m	4.7%

La pente moyenne pondérée autour de Grenoble est donc de 5.4%. Nous travaillerons donc sur un itinéraire de 10km s'élevant de 540m

FACTEURS INTRINSEQUES DE CONSOMMATION

Deux catégories de facteurs influent sur la consommation : les facteurs intrinsèques, caractéristiques du mode de transport, et les facteurs extrinsèques, dépendant de l'utilisation.
Parmi les facteurs intrinsèques, la masse en mouvement est le plus important. En effet :

- L'énergie cinétique et l'énergie potentielle sont proportionnelles à la masse, ainsi que les forces de frottement au sol. Et l'énergie des systèmes routiers n'est pas récupérée au freinage.
- La pénétration dans l'air l'est aussi en première approximation, du fait que les longueurs et largeurs des véhicules individuels changent peu, et la masse est in fine proportionnelle à la hauteur, qui intervient directement dans le calcul du coefficient de pénétration dans l'air. Par ailleurs, cette hypothèse est peu contraignante car l'effet de pénétration dans l'air est relativement moins important en montagne que sur autoroute du fait que la vitesse en montagne est plus faible.

La *consommation par personne transportée* dépend du rapport masse transportée/masse totale, que l'on rappelle ci-dessous. Ce rapport ne suffit pas à expliquer les consommations

relatives, qui dépendent aussi des frottements. Dans un système de transport, les valeurs des frottements conditionnent la stabilité de la trajectoire et le freinage. Imagine-t-on utiliser des pneus avec des frottements pneu/glace ? Pour des raisons de sécurité de tenue de route et de freinage, les frottements doivent être importants pour les systèmes routiers. Pour les systèmes ferroviaires, la tenue de route est assurée par le guidage des rails. Reste l'exigence de freinage. Le frottement fer/fer est plus faible que le précédent. Pour obtenir un bon freinage (et une bonne adhérence au démarrage) on ne lésine pas sur le poids des motrices. Ni des wagons. Cela pèse sur la consommation. Par contre, les transports par câble sont intégralement en site propre. On n'a donc que faire des problèmes de freinage et on peut donc minimiser les frottements sans risque.
Un bon indicateur de tendance d'***efficacité énergétique*** est donné par la quantité (rapport des masses / coefficient de frottement). Le tableau comparatif est présenté ci-dessous. Les coefficients de frottement sont tirés du ***formulaire technique de mécanique générale*** **de Jaques Muller,** à l'exception du coefficient pour les pylônes des TC, qui est une valeur bien connue des spécialistes (0.028-0.030).

	Automobile	Autocar	Trolley articulé	Bus	Tram
Rapport des masses	27%	30%	37%	50%	21%
Frottement	0.3 –0.6	0.3 –0.6	0.3 –0.6	0.3 –0.6	0.12-0.2
efficacité	45-90	50-100	61-122	83-166	105-175

Soulignons qu'il ne faut pas demander à un indicateur d'efficacité énergétique autre chose qu'une indication de tendance. Néanmoins il est important de la connaître et d'en vérifier la cohérence avec d'autres approches.

CONSOMMATION EN MONTEE

Comparons les consommations pour monter nos 540m pour plusieurs cas. Le trajet d'une télécabine est linéaire. Admettons pour elle une pente moyenne du profil en long de 30% et négligeons le fait que plus de 60% de l'énergie peut être récupérée à la descente pour les modes qui le supportent.

Dans ces conditions, les besoins énergétiques sont de :

CAS	CONSOMMATION (KWH)	Consommation / passager
Personne seule à pied	0.12 KWh	0.12 KWh
Transport par câble (TC 8 places, montée seule,	2.24 KWh	0.28 KWh
Transport par câble (TC 8 places, montée 1 personne/cabine sur la montée et descente vide	1.71KWh	1.71KWh
TRAMWAY CITADIS (300 passagers)	320KWH	1 KWH

Bus + Chauffeur+ 60 passagers 35l/100km, 20kmAR	**81.2 Kwh**	**1.35 KWh**
Auto +4 passagers	**17.3 KWh**	**4.7 KWh**
Auto + conducteur seul (Clio 7CV ESSENCE) 8.5l /100km	**13.1 KWh**	**13.1 KWh**

On voit que la consommation varie de 1 à 46 pour les modes motorisés, et de 1 à 4.8 dans le cas d'une télécabine 8 places par rapport à un bus.
On note au passage la cohérence du classement par efficacité énergétique avec le tableau ci-dessus, les deux classements étant obtenus de manière indépendante.
Si l'énergie est récupérée à la descente chargée dans le cas d'une télécabine, les résultats sont encore plus nets.
On note également que l'avantage TRAM/BUS n'est pas aussi important que l'on pourrait le penser en raison d'un rapport masse transportée/ masse totale défavorable au Tram.
Le détail de ces coûts pour le tramway est donné en annexe I.

ANNEXE III

LE COÛT DES PASSERELLES PIÉTONS CYCLES RÉALISÉES CES DERNIÈRES ANNÉES.

Les TC sont parfois mis en concurrence avec les passerelles béton ou acier. Il est donc intéressant d'avoir quelques éléments de réflexion sur ce point.
Sur le plan fonctionnel, si une passerelle est longue (plusieurs centaines de mètres), sauf cas très particulier, il y a peu de chance qu'elle soit utilisée par les piétons : longueur du trajet, couverture non prévue, éclairage , sentiment d'insécurité.. Elle sera par contre utilisée sans problème par les cyclistes.
Sur le plan de l'investissement, les coûts d'une passerelle en dur sont loin d'être négligeables. On trouvera ci-dessous les prix de quelques passerelles construites ces dernières années. Dans le meilleur des cas, le prix d'une passerelle de 100m est de l'ordre de grandeur du prix d'une télécabine de 1 km.
Selon un spécialiste des ouvrages d'art, leur prix est proportionnel au carré de la portée. Et à leur largeur. De plus il ne faut pas oublier dans le chiffrage les couvertures et protections anti-chute diverses. Enfin il est illusoire de penser qu'il n'y a pas d'entretien sur ces ouvrages. Les dégradations naturelles ou volontaires y sont constantes.
Pour ce qui concerne l'utilisation des passerelles par les piétons, il nous semble qu'une passerelles de 100m est très acceptable pour les piétons. Par contre une passerelle d'un km crée un noman's land dissuasif pour des raisons de (sentiment de) sécurité.

ANNEXE IV

Liste des appareils urbains ou peri-urbains les plus connus

On objecte parfois que « personne n'utilise cette technique, et qu'il y a bien une raison à cela ». Cette remarque n'est pas fondée. D'abord les appareils installés dans les zones urbanisées ne sont pas rares. Ensuite, lorsqu'on les a installés avec une vocation de transport collectif intégrés dans un réseau, le succès est toujours au rendez-vous. Nous avons listé une partie des appareils en service ou en projet ci-dessous.

Existants :

FRANCE

Venosc : liaison avec les Deux Alpes
Funiculaires de Lyon, Evian, Pau, Nice et Bourg St Maurice
Télécabine de Brides les Bains : liaison avec Meribel
Télécabine de la Bastille de Grenoble : liaison centre ville environnement
Télécabine de Palavas (petit appareil de liaison entre deux rives d'un canal)
Télécabine d'Ax-les-Thermes, liaison centre ville/station de ski

EUROPE

Gèce: Santorin liaison Port-Ville
Télécabine d'OSIMO (Italie) : liaison centre ville quartier collinaire de la ville
Télécabine de CESANA (Italie) : liaison centre ville-station voisine
Télecabine de Verbier (liaison CFF-Station)
4 téléphériques de BETTMERALP (Suisse) avec gare intermodale Rail/Route TPH comme suit :

- Un téléphérique Gare intermodale/Betten/BettmerAlp en 2 tronçons
- Un téléphérique direct gare/BettmerAlp
- Téléphérique de FIESCH et de RIEDER, à quelques km des précédents.

Ces quatre téléphériques transportent entre autres les matériaux de construction, et le camion benne à ordures.

Télécabine de SonnenKopf (Wald am Arlberg, Autriche) : accès à la station de Dalaas depuis l'autoroute de l'Arlberg.
Franchissement du Rhin et desserte d'une colline voisine à Coblence en cours de réalisation.
Télécabine de Benalmadena (Espagne)
Télécabine de Rostock (Allemagne)

AUTRES PAYS

Colombie: Télécabine de Medellin : rabattement sur le métro. Cette télécabine ne peut pas être considérée comme un exemple d'intégration architecturale au sens européen du terme. Mais force est de constater qu'elle est plébiscitée quotidiennement par les habitants de Medellin avec un million de passagers par mois.
Medellin : 2° télécabine en cours de réalisation
Caracas : centre ville vers banlieue
New York: téléphérique d'East River Island en cours de rénovation
Alger : 4 téléphériques urbains et deux télécabines en commande
Blida : télécabine de liaison avec la station de Chrea
Constantine : une télécabine en cours de construction

Annaba : une télécabine
Namur : desserte d'un site Vauban avec urbanisation voisine

En cours de réflexion en France:

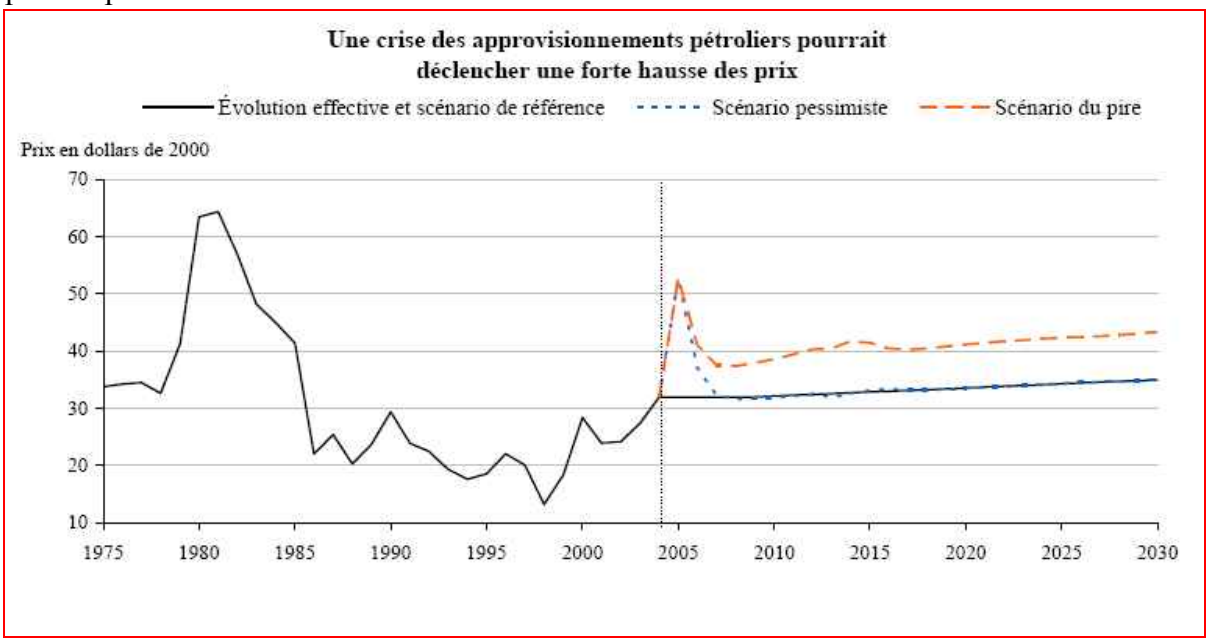
1. Passerelle câble de Crolles à Brignoud, décision à venir
2. Liaison Montrond gare de Givors-Ville
3. TC de Rodez en cours de réflexion
4. TC de Grasse (liaison ville-gare SNCF, la ligne Cannes Grasse ayant été réouverte récemment)
5. TC de Bourg d'Oisans à Huez
6. Desserte du Vercors à partir de Grenoble
7. Liaison Grenoble Chamrousse
8. Desserte Vizille Grenoble
9. Liaison Grenoble Voreppe
10. 3 appareils de liaison à Grenoble: Bastille(modification de l'existant), Desserte du Parking Relai de la Chantourne (Meylan) et liaison Tram A Tram C à Grenoble
11. Desserte interne de la station des Deux Alpes
12. Liaison Lac du Sautet Corps
13. Le Havre
14. Nantes
15. Funiculaire La Turbie Monaco
16. Plan câble département de l'Isère
17. Liaison Magland Flaine: études en cours
18. Accès au plateau des Glières: étude en cours
19. Cagnes/mer : étude en cours
20. Ouest Lyonnais : étude demandée
21. Sud Lyonnais: projet ENTPE proposé par les élus

D'autres demandes par les élus sont actuellement en cours.

ANNEXE V

EVOLUTION DU PRIX DES CARBURANTS

Prévoir est un exercice difficile. Je n'aurais donc pas ici cette prétention, mais plutôt celle apporter quelques informations aisément vérifiables.
En 2004, l'OCDE, organisme qui se veut sérieux, publiait ses prévisions pour l'évolution du prix du pétrole sous forme de la courbe ci-dessous.



- En 2004 le pétrole était en moyenne à 49 $ sur l'année.
- En 2005, le baril était passé à 60 puis 70 dollars pour une prévision OCDE à 50US$.
- En juillet 2006, il a atteint 78 dollars.
- En 2008 il atteignait 150 dollars
- en 2009 il est redescendu à 35 dollars pour remonter à 75 au 1/07/09

Ce simple rappel montre bien que la situation est devenue incontrôlable. On peut incriminer la situation au proche Orient, en Corée ou en Tchétchénie, la raison de fond est que les pays « émergents » (Chine, Inde, Indonésie..) demandent de plus en plus de pétrole, alors que l'on n'en découvre plus actuellement. Derniers espoirs à la mode : les pétroles du Groënland ou de l'Alaska qui nous offriraient là 10 ans de sursis. Mais personne ne sait quels seront les coûts d'extraction de ces bou(é)es de secours. D'autant moins que plus le prix du baril monte, plus les actions des pétroliers flambent, et plus les stock-options sont profitables. Et puis 10 ans, ce n'est même pas le délai pour mettre en place un programme de protection à grande échelle.
Un ami dont le fils fait partie du groupe de prévision économique de Total me disait que chez Total, on envisage très sérieusement un litre de super à TROIS euros avant 2010. Il semble qu'on ait un répit. Le mettre en profit pour réagir searit donc prudent.
Pendant très longtemps, le prix du super à la pompe a suivi la courbe des prix, généralement en retard. Depuis deux ou trois ans ce n'est plus le cas.
Jancovici, le spécialiste bien connu des problèmes énergétiques disait récemment sur France Inter que le monde connaissait en ce moment sa deuxième révolution économique :

Jusqu'au 19° siècle, le prix de l'énergie était très supérieur au prix de la main d'œuvre, mais comme on n'en consommait que très peu, cela ne pesait pas sur les budgets. Le 19° siècle a apporté une énergie bon marché, et une main d'œuvre chère : c'est la première révolution, pendant laquelle nous avons pris des habitudes de gaspillage : de 1980 à 2000, nous avons consommé autant de pétrole que de 1880 à 1980. Le 21° siècle est en train de découvrir une situation d'énergie très chère, plus chère que la main d'œuvre : c'est la seconde révolution. Cette situation va entraîner un choc énergétique, auquel **seuls sauront faire face les pays qui s'y sont préparés**. Dans le monde occidental des pays montagneux il y en a assez peu : la Suisse qui a officialisé l'utilisation du câble au titre de la continuité territoriale, l'Autriche et à des degrés nettement moindres quelques pays nordiques et l'Allemagne, ont su garder, développer et créer des lignes de train, exploiter le transport par câble partout où cela est possible. Ces pays ont la meilleure chance de tirer leur épingle du jeu.
Notre pays a fait tout le contraire : fermetures de lignes ferroviaires, destruction des lignes de tram dans la plupart des villes pour avoir à les reconstruire maintenant, après avoir perdu pendant des années le rôle structurant de ces lignes. Il n'est pas évident que nous soyons maintenant en train de saisir les occasions de bénéficier des avantages déterminants du transport par câble. Alors qu'il y a urgence !

L'anticipation, c'est comme l'assurance : cela ne coûte cher qu'avant l'accident. Mais comme l'assurance ou la prévention sanitaire, elle devrait être obligatoire. Loin de cela, nous dormons !

Pourtant les exemples de réussite sont nombreux chez nos voisins Suisses : stations de BETTMERALP, près de Brigg, de Crans Montana, Verbier et surtout, au delà de tout ce qu'on pourrait envisager, WENGEN, près d'Interlaken. Mais Wengen a construit son succès il y a un siècle sur son réseau de trains à crémaillère, un mode de transport lent et devenu hors de prix.
En France, la réussite de la liaison Brides les Bains Meribel, ou celle de la liaison Orelle Val Thorens devraient inspirer les décideurs. Dans ces liaisons, il n'y a eu que des gagnants !

ANNEXE VI

L'AVENIR SANS PETROLE

Dans notre société actuelle et mondialisée, le pétrole est partout :

- Dans les innombrables objets plastiques que l'industrie fabrique.
- Dans les travaux publics
- Dans la production d'énergie
- Dans le chauffage
- Dans les transports
- Dans la fabrication des ciments et de l'acier
- ETC…

La disparition progressive mais inéluctable du pétrole va nous poser un problème très sérieux de remplacement. Pour les transports, on nous propose actuellement comme remplacement le carburant bio, l' électricité et ses dérivés (hydrogène, batteries et piles à combustible). Sans oublier le rêve de la fusion qui s'éloigne sans cesse. Examinons ce qui pourrait bien se passer.

Dans l'industrie, on espère que les produits bio prendront la relève. Mais ceux qui ont calculé la surface qu'il allait falloir cultiver pour cette relève savent nos 551500km² nationaux ne suffiront pas à nos besoins pour ce seul problème. Par ailleurs, on ne sait faire que des plastiques biodégradables. Mais quid des plastiques qui ne doivent pas l'être (ailes de voiture ?). Enfin, le manque d'espace conduira à vouloir augmenter les rendements, et sans doute aurons nous droit à une splendide pression des tenants des OGM et des pesticides.

Dans le chauffage nous devons exclure le chauffage individuel au bois pour des questions de pollution. Même si on commence par une super-isolation des vieux bâtiments, le problème est identique : le tout électrique (ni fuel ni gaz) deviendra la règle, à moins que l'on généralise les chauffages collectifs par le bois (mais on développera plutôt les centrales électriques à bois, le bois étant plus compliqué à transporter que l'électricité), avec ce que cela implique de centrales à créer, et de surfaces de forêts exploitables à y consacrer.

Dans les transports, l'espoir est mis sur l'électrique. Mais on ne pourra pas passer tous les véhicules à l'électricité, pour des problèmes d'autonomie. L'autonomie ne pourra augmenter que si on alourdit le véhicule de batteries supplémentaires, ce qui diminue l'efficacité énergétique de l'opération. Sur le seul critère d'efficacité énergétique ce serait donc une ânerie (voir plus loin). Sans compter le problème des nouvelles infrastructures qu'il faudrait développer dans la continuité de la « politique » actuelle qui consiste à regarder le trafic croître et à accompagner son augmentations d'infrastructures jamais suffisantes.
Envisageons les carburants bio : il y a actuellement 5% de produit bio dans un litre de carburant dit bio. Le carburant tout bio exige donc de multiplier par 20 les surfaces consacrée à cette opération, et pour les seuls véhicules actuellement concernés : le site http://www.grainvert.com indique que l'on pourrait alimenter 1 million de véhicules individuels avec les 1,1 million d'hectares de terres françaises en jachère. Supposons que l'optimisme du rédacteur du texte n'ait pas gonflé les chiffres. Il y a plus de 30 millions de véhicules en circulation, sans compter les poids lourds. Comment alimenterons-nous les 29 millions restant? Surtout si on veut développer en même temps des plastiques bio !
La pile à hydrogène mérite également d'être considérée. Son fonctionnement nécessite de l'hydrogène comme carburant et des métaux rares pour la catalyse de la réaction. Le propre des métaux rares est leur prix. En outre la rareté interdit la généralisation aux quelques milliards de véhicules qui circulent sur la planète. De plus comment fabriquera-t-on

l'hydrogène nécessaire à leur fonctionnement ? Sans le méthane de la filière pétrolière, il ne reste que les centrales électriques pour électrolyser l'eau. Compte tenu des consommations dans les transports (1/3 de la consommation nationale de pétrole), il faudrait doubler le nombre de centrales de production. Ce qui pose deux problèmes : le premier est celui du refroidissement de ces centrales. Qu'on se souvienne de l'été 2003, où EDF a du ralentir le fonctionnement des centrales nucléaire, le débit de la Loire et du Rhône était insuffisant. Le gouvernement a d'ailleurs, en catimini et le 15 août 2006 relevé la température maximale autorisée pour les rejets. Deuxième problème : Qui veut une centrale nucléaire, des éoliennes ou un barrage à coté de chez lui ?

Nous sommes dans la nasse. Le report de l'ensemble des consommations d'énergies sur l'électricité exige de multiplier par 3 le nombre de centrales. L'état n'en n'aura pas les moyens et trouvera là une excellente raison pour privatiser la construction et la gestion des centrales. C'est d'ailleurs en cours…La seule issue possible réside dans des économies d'énergie forcenées. Le mode de consommation le moins gourmand doit être utilisé chaque fois, sauf à se casser le nez sur un mur.

Il faut revenir à une consommation sans emballage, avec moins de gadgets inutiles quand ils ne sont pas dangereux, et moins de sacs plastiques.

Il ne faut aider à l'isolation des bâtiments et n'autoriser le chauffage que pour les bâtiments bien isolés (avec graduation pour les logements des moins riches d'entre nous).

Dans les transports comme partout, il est dès maintenant vital de privilégier dans l'ordre le mode le plus économe en énergie, et le moins cher à l'investissement. Les tableaux présentés dans le corps du document sont de ce point de vue sans ambiguïté.

La gourmandise des modes est dans l'ordre croissant le câble, le tram, le train, le bus et l'automobile. Les bus, et plus généralement les véhicules sur pneu, sont dotés d'une très mauvaise efficacité énergétique et ne devront être utilisés que pour des liaisons courtes entre des modes plus économiques, quand aucun autre mode n'est utilisable. Pour bon nombre de raisons, l'utilisation de véhicules individuels devra être très strictement limitée.

Les média font régulièrement des émissions ou articles sur les problèmes de l'énergie, vantant les mérites de telle ou telle technique présentée comme la solution. Ils oublient seulement de préciser que ces techniques, seules ou combinées ne sont pas généralisables à l'ensemble de la planète, et qu'il faudra bien revoir le mode de fonctionnement de nos collectivités. Plus on commencera tôt, moins grave sera le traumatisme. Mais malheureusement, nous n'en prenons pas le chemin : les membres du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Etudes du Climat) qui prévoyaient en 2003 une augmentation de la température moyenne de 1.5 à 6° d'ici 2100, selon les mesures prises par les états pour réduire les émissions de CO_2. En juillet 2006, sur la base des observations faites sur 3 ans, ceux que je connais prédisent une fourchette de 5 à 6°. C'est dire leur peu de confiance dans les politiques menées. Du reste tous les scientifiques hurlent que l'effet de serre est en train de faire plus de dégâts que tout ce qu'on avait pu envisager jusqu'ici (rupture de la chaîne alimentaire maritime, fonte de la banquise et du permafrost etc…)
Nul n'a plus le droit de cautionner cette situation par des positions irresponsables, par exemple en éliminant le câble dans les possibilités techniques pour les projets d'infrastructure transport, ou en racontant que nous avons des formules miracles pour l'énergie.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION …… page 1
LES EXIGENCES DE LA LOI …… page 1
LE COÛT, ELEMENT ESSENTIEL D'UN PROJET…….. page 2
L'EFFICACITE ENERGETIQUE…… page 4
LES ATTENTES DES USAGERS …….. page 5
REFLEXIONS COMPLEMENTAIRES…….. page 5
LES UTILISATIONS BIEN ADAPTEES…… page 6
CONCLUSION …… page 7
ANNEXE I : APPROCHE DES COÛTS ……. page 8
ANNEXE II : MODE DES CALCULS DES CONSOMMATIONS …… page 10
ANNEXE III : CÔUT DES PASSERELLES PIETON CYCLES …….page 13
ANNEXE IV : LISTE DES APPAREILS URBAIN OU PERIURBAINS…… page 14
ANNEXE V :EVOLUTION DU COÛT DU PETROLE……..... page 16
ANNEXE VI : AVENIR SANS PETROLE……page 18