

ARAYE Radji  
DUVAL Fabien  
KAEPPELIN Louis  
SANCHEZ Morgane  
VERZAT Benoît

Groupe 4

# **SEMINAIRE TPU**

## **Scénario 2**

### **PRODUCTIVITE EXTERNE**

*Mai 2005*

# **PERSPECTIVES FINANCIERES**

## **Première partie**

### **Examen du compte consolidé des transports collectifs sur le Grand Lyon**

#### **1°/ Scénario « fil de l'eau »**

Nous allons dans un premier temps, examiner le compte consolidé SYTRAL de 2001 qui nous est fourni ainsi que son évolution sous certaines hypothèses à l'horizon 2015. Cet examen se fera sous l'hypothèse d'un scénario au fil de l'eau, c'est-à-dire toutes choses égales par ailleurs et sans politique particulière de développement.

En 2001, le SYTRAL nous présente un budget équilibré (pléonasme) duquel on peut tirer les principales particularités du financement des transports en commun. En effet, les recettes du SYTRAL proviennent majoritairement de la taxe : Versement Transport (prélevée sur les entreprises de plus de 10 salariés sur le périmètre de transport urbain : PTU), des subventions des collectivités locales et des emprunts. Les recettes d'exploitation du réseau, dépendant du trafic réel, représentent moins de 18% des recettes totales. Quant aux dépenses, les deux pôles principaux de dépenses sont la masse salariale (28%) et les différents investissements (22%).

D'après le fichier Excel fourni, si l'on considère une inflation à 2% et que tous les indicateurs varient similairement à l'inflation, on constate que chaque année le bilan consolidé est déficitaire et qu'en 2015, la dette cumulée atteindrait 338,4 millions d'euros. On peut noter que le bilan par année après avoir légèrement augmenté va baisser de 32 millions d'euros jusqu'à atteindre seulement 2,7 millions d'euros en 2015. Cependant une dette cumulée de 338 M€ n'est pas envisageable et pourrait mettre le SYTRAL dans une position périlleuse (dépôt de bilan).

Il doit donc envisager une politique volontariste afin non seulement d'atteindre un bilan financier plus acceptable à l'horizon 2015 mais aussi de fournir une offre de qualité, l'absence d'investissement pendant 15 ans dans un contexte de relance des PDU est difficilement envisageable.

## 2°/ Variations envisagées

Nous allons donc étudier plusieurs scénarios possibles dans lesquels :

- Premièrement, nous allons faire varier les leviers sur lesquels peuvent agir le SYTRAL en matière d'investissement, de politique tarifaire, salariale, etc...
- Deuxièmement, en envisageant des variations de certaines données économiques indépendantes du SYTRAL: inflation, prix de l'énergie qui peuvent évoluer fortement au cours des 15 prochaines années et modifier de façon conséquente l'équilibre budgétaire.

Nous choisirons de nous intéresser à ces 7 cas différents :

### A°/ Leviers du SYTRAL :

- Augmentation de la taxe versement transport
- Baisse des salaires (inflation de seulement 1%)
- Augmentation des tarifs
- Augmentation des investissements (tramway Léa et extension des lignes de métro)

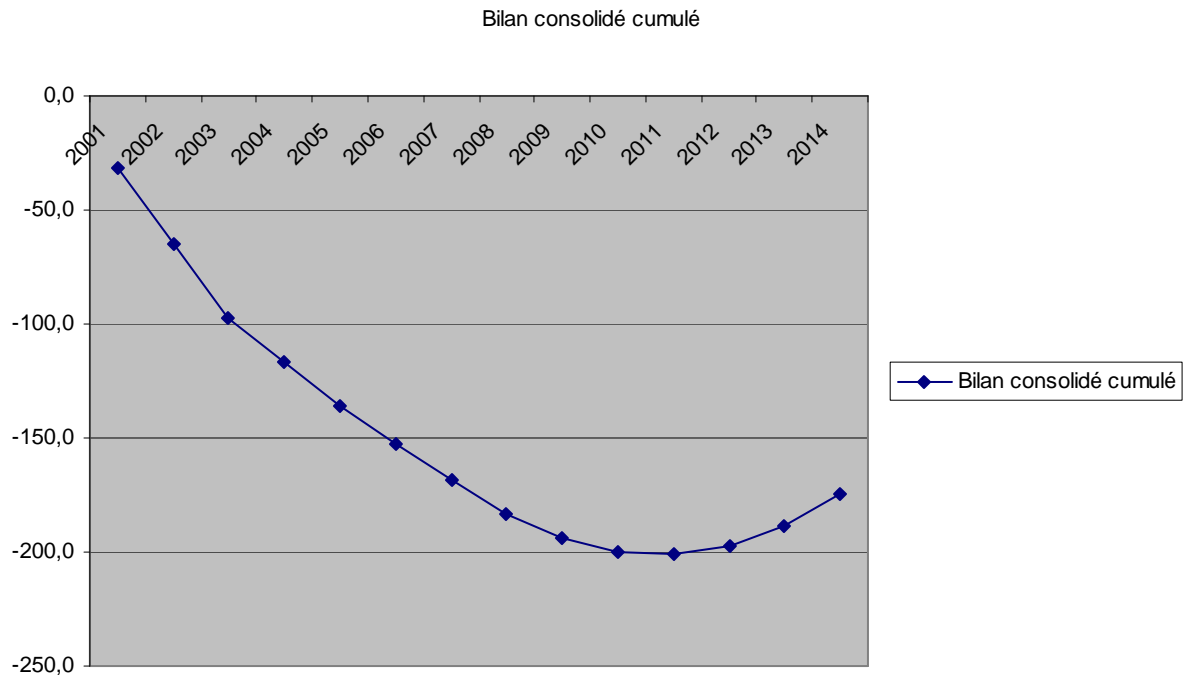
### B°/ Données économiques extérieures

- Augmentation de l'inflation (4%)
- Diminution de l'inflation (0%)
- Crise pétrolière

### A°/ Leviers du SYTRAL :

#### Augmentation de la taxe versement transport :

On choisit à partir de 2005 d'augmenter la taxe versement transport de 1,63 à 1,75% soit une augmentation de 7,4% environ. On obtient la courbe suivante :

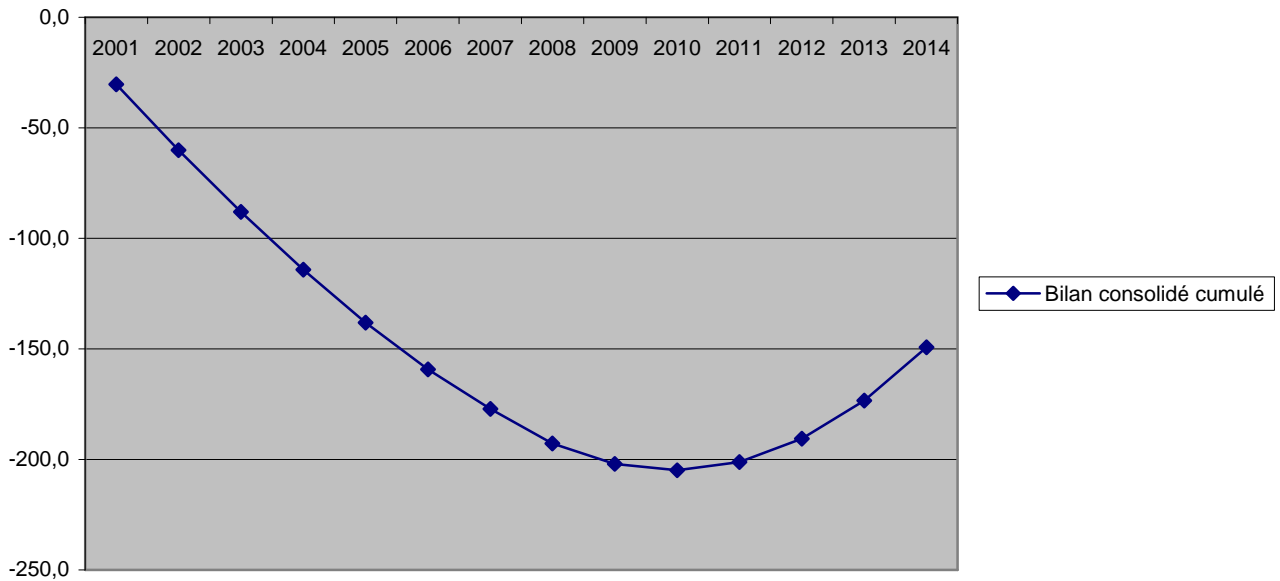


Cette mesure est bien sûr favorable au SYTRAL, en 2015 sa dette cumulée n'est plus que de 175 M€ soit plus de 160 M€ d'économie. Cette mesure qui a été réellement adoptée par les collectivités locales est une mesure politique forte car elle est très favorable au SYTRAL mais elle entraîne le risque de « faire fuir » ou du moins de pénaliser les entreprises de la région lyonnaise qui assurent son développement. A la place d'une augmentation, on pourrait aussi envisager une redéfinition du PTU qui augmenterait le versement transport en augmentant le nombre d'entreprises concernées par cette taxe.

#### Baisse des salaires :

On choisit non pas de baisser les salaires, ce qui entraînerait évidemment un mécontentement des employés très important mais d'augmenter les salaires moins rapidement que l'inflation. On choisit donc d'augmenter les salaires seulement de 1% alors que l'inflation est de 2%. On obtient la courbe :

Bilan consolidé cumulé

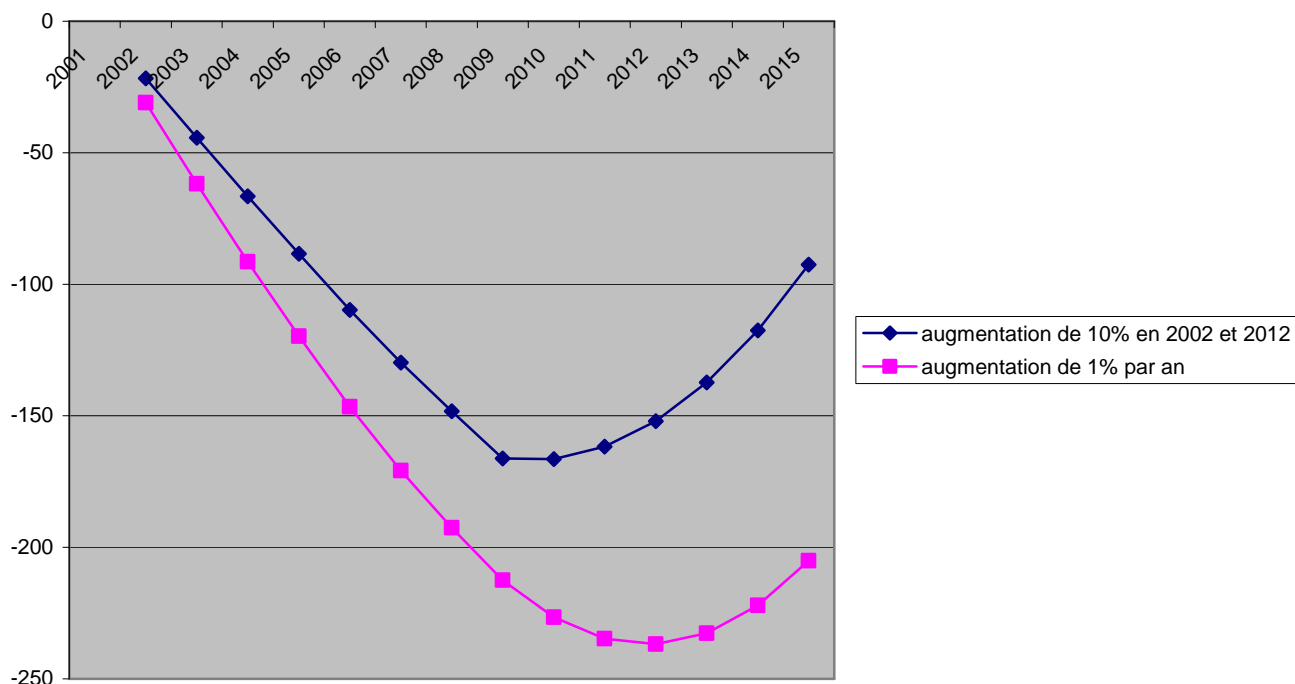


Les gains pour le SYTRAL sont très importants car la masse salariale est le poste principal de dépenses (28%) ; en 2015, la dette cumulée ne serait plus que de 149 M€ soit quasiment 200M€ d'économie. Cependant il reste à analyser les conséquences morales et sociales d'une telle mesure : morale car l'entreprise choisit de geler les salaires de ses employés ce qui est fort contestable, sociale car une telle mesure pourrait entraîner des mouvements sociaux (grèves) très négatifs pour l'image et le bilan financier du SYTRAL.

Augmentation des tarifs :

On choisit d'augmenter les tarifs de 10% en 2002 puis de ne plus les augmenter jusqu'en 2010 où on augmente de nouveau les tarifs de 10%. En 2015, on a alors une dette cumulée de seulement 92 M€ soit quasiment 250 M€, cette mesure a elle aussi été adoptée dans la réalité par le SYTRAL car il a procédé à une augmentation des prix des tickets (pas des abonnements : technique de fidélisation). Bien sûr ce calcul est encore purement théorique car une augmentation des tarifs pourrait entraîner un mécontentement des usagers et une baisse de trafic ou du moins un ralentissement de la croissance du trafic que nous ne prenons pas en compte. On peut noter qu'une augmentation plus progressive des tarifs, de 1% par an ou de 5% tous les 5 ans serait moins favorable financièrement pour le SYTRAL mais une augmentation progressive des tarifs serait peut-être plus acceptable pour les usagers des transports en commun.

### Bilan cumulé en 2015



### Augmentation des investissements (tramway Léa et extension des lignes de métro) :

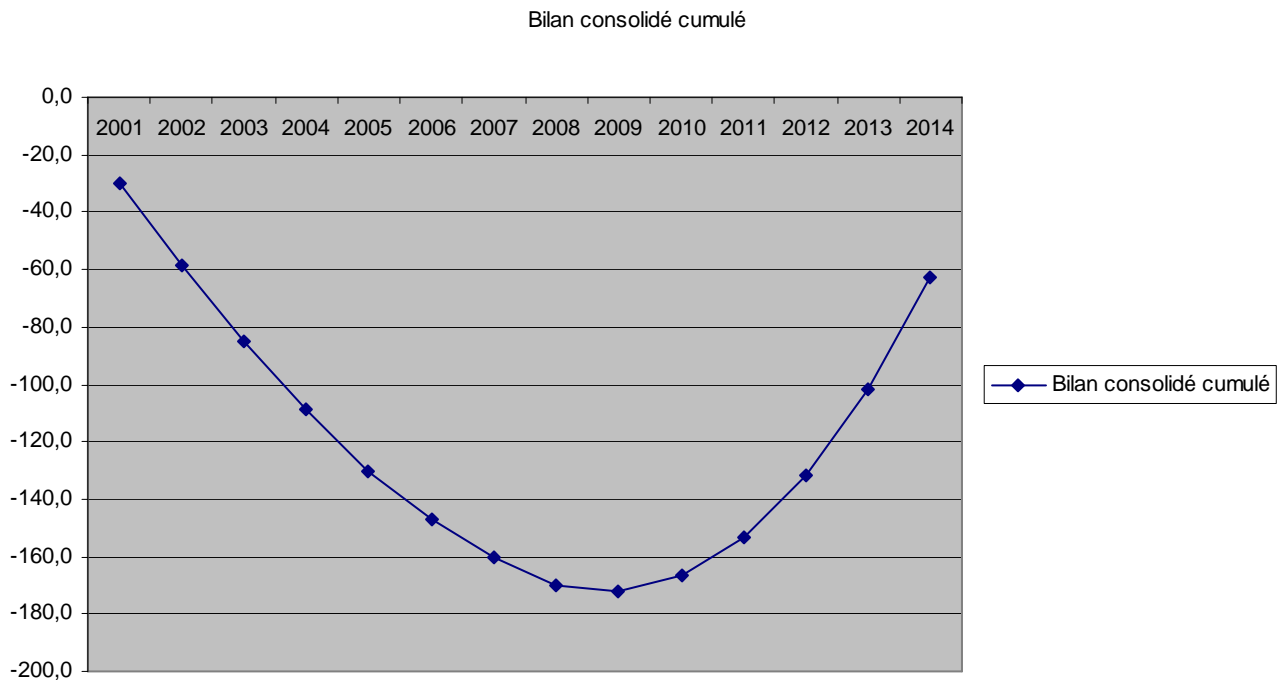
Une augmentation des investissements semble difficile financièrement mais politiquement elle pourra être désirée pour le développement de la région et l'augmentation de la qualité de vie. Dans ce cas, la réalisation du tramway Léa (14,6 km) et l'extension des lignes A et B de métro nécessitera un investissement supplémentaire et fort des collectivités locales (d'où une augmentation nécessaire des impôts locaux) et peut-être si possible de l'Etat car l'augmentation du trafic ne pourra jamais compenser les dépenses engagées dans ces investissements (100 M€ pour 1 nouveau km de métro et 25 M€ pour 1 nouveau km de tramway et rappel : part des recettes dues au trafic 18% seulement environ 100 M€ par an).

### B°/ Données économiques extérieures :

#### Augmentation de l'inflation :

On choisit de se placer dans une situation de croissance, avec une inflation annuelle de 4%. A long terme, les effets sont positifs puisque la dette cumulée en 2015 ne sera plus que

de 62 M€ et le bilan annuel du SYTRAL sera positif à partir de 2011. On obtient la courbe suivante :



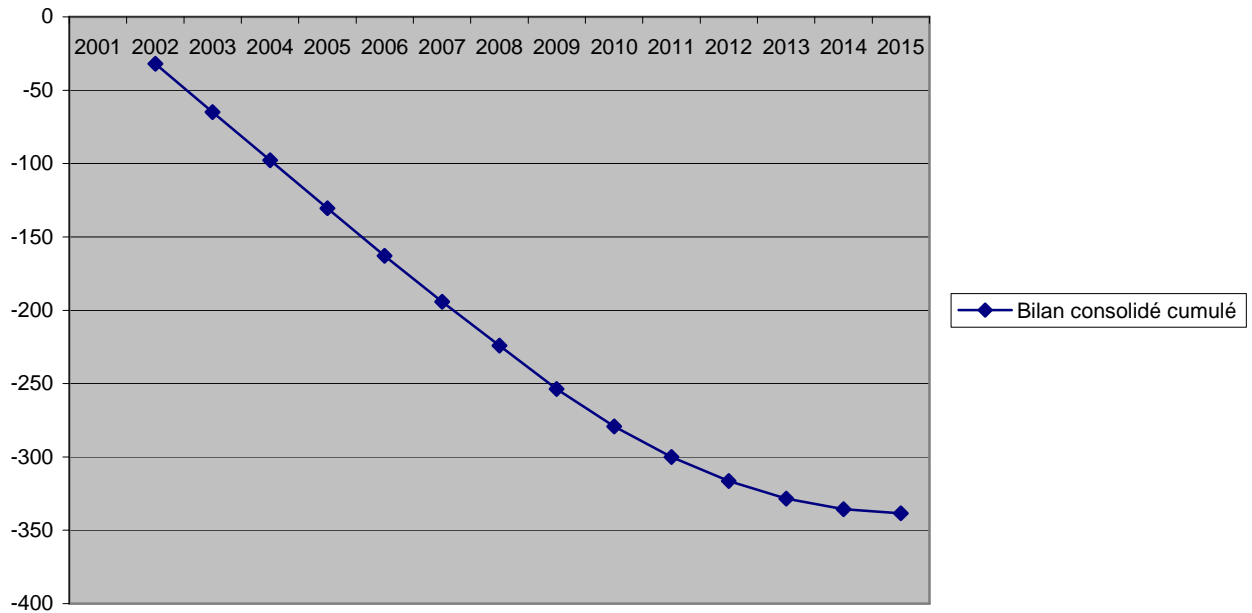
Cela est dû principalement au fait que certes les dépenses du SYTRAL augmentent avec l'inflation mais les recettes dues notamment aux emprunts augmentent aussi et les annuités à payer pour le remboursement des emprunts restent constantes. Une augmentation de l'inflation serait donc en théorie très bénéfique au SYTRAL. Cependant dans la réalité les taux d'intérêt sont souvent renégociés par les banques en cas d'inflation forte, les bénéfices pour le SYTRAL seraient donc moins importants que ceux espérer. Il reste qu'une période de croissance serait favorable au développement des transports en commun (elle favoriserait de nouveaux investissements).

#### Diminution de l'inflation :

Dans le cas contraire, si on assiste à une baisse de l'inflation : on se place même dans le cas extrême où l'inflation est nulle, les effets pour le bilan financier à court comme à long terme sont très négatifs. On obtient la courbe :



Bilan consolidé cumulé

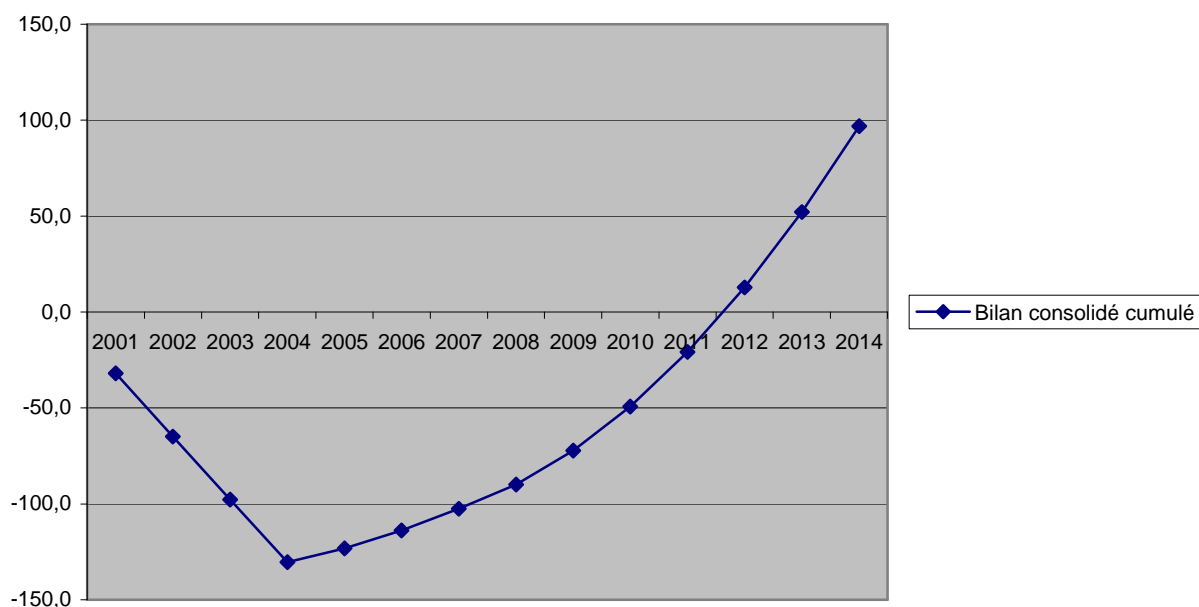


En effet, comme le SYTRAL a réalisé des emprunts importants, si l'inflation baisse les recettes attendues vont diminuer, les dépenses aussi cependant les annuités restent constantes. Le taux d'intérêt a été calculé pour un taux d'inflation plus fort. De fait, les entreprises qui auront emprunté seront fortement pénalisées.

### Crise pétrolière

On se place dans le cas d'un choc pétrolier très important en 2006, la majeure partie de l'énergie utilisée par le SYTRAL est électrique donc on considère que l'énergie n'augmentera que de 20%. Par contre de nombreux usagers de la route risquent d'abandonner leur voiture au profit des transports en commun, on considère donc une augmentation du trafic de 40% en 2006. On obtient :

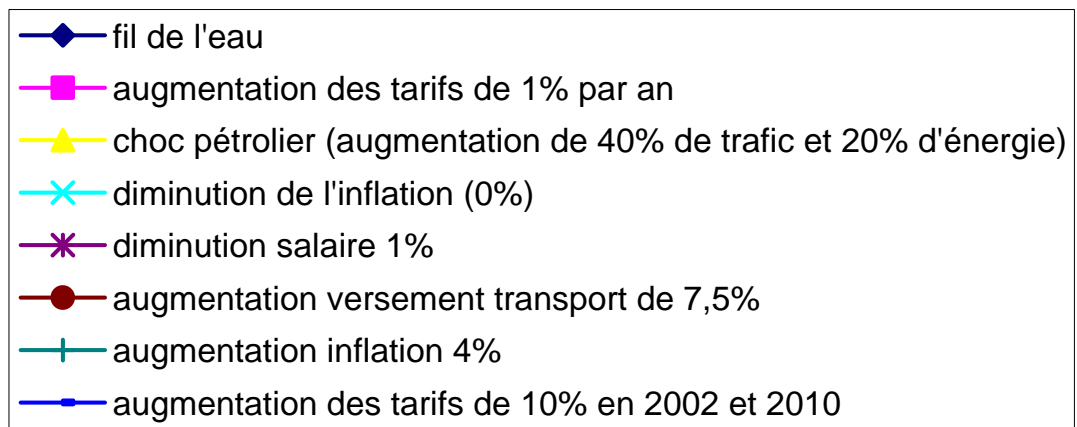
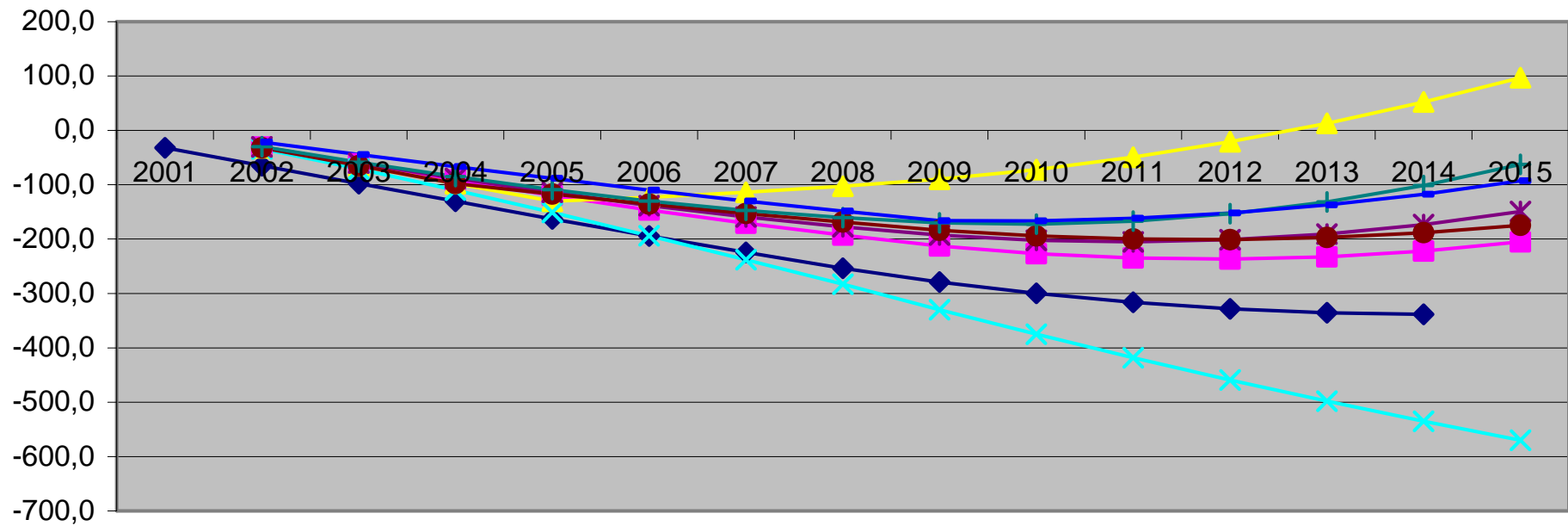
Bilan consolidé cumulé



Bien sûr, cette situation serait extrêmement favorable au transport en commun, on aurait un bilan cumulé positif de 97 M€ (plus de 430 M€) mais nos hypothèses aussi bien d'un choc pétrolier que d'augmentation des dépenses d'énergie et de trafic sont ici bien hasardeuses pour que cette courbe révèle réellement une situation possible ; si on considère une augmentation de seulement 30% du trafic (voir 20 ou 10%) certainement plus réaliste on n'a plus un bilan cumulé positif en 2015. Elle permet du moins de prendre en compte les risques et avantages d'une crise énergétique pour le SYTRAL.

## Conclusion

Toutes les hypothèses faites précédemment ne sont pas très réalistes car elles ne tiennent quasiment pas compte du fait que de nombreux facteurs sont liés ; jouer sur un facteur entraîne aussi des modifications pour les autres. Cependant cette rapide étude permet de se rendre compte de l'importance relative des différents facteurs internes ou externes et de supprimer définitivement des préjugés selon lesquels une politique tarifaire ou une augmentation du trafic pourraient à elles seules permettre l'équilibre financier des transports en commun. Elle permet aussi de réaliser combien les investissements pour de nouvelles lignes (100 M€ pour 1 km de métro et 25 M€ pour 1 km de tramway) sont difficiles à supporter pour les collectivités territoriales sans envisager une augmentation d'impôts locaux importante.



**Deuxième partie**  
**Etudes de scénarios contrastés**  
**SCENARIO 2**

Amélioration des performances du réseau de surface  
**PRODUCTIVITE EXTERNE**

**Première partie**

**Définition du contenu du scénario**

1) Une entreprise de transports collectifs urbains fournit bien sûr une offre de transport à sa clientèle. Cette offre peut être quantifiée de plusieurs façons, par exemple au travers du nombre de kilomètres parcourus ou le nombre de voyageurs transportés. Mais ces mesures ne sont pas complètes, elles ne prennent pas en compte les aspects importants d'une offre de transport public.

C'est pourquoi nous introduisons une autre mesure qui est le nombre de places kilomètre offertes (**PKO**) sur un an.

$$PKO = \sum_t \sum_i L_i * C_i * N_{it} * n_{it}$$

Nous avons une double somme. Une somme se fait sur l'ensemble des lignes  $i$  de tout le réseau, l'autre sur l'ensemble des jours  $t$  de l'année.

Les variables sont alors :

$L_i$ , la longueur de la ligne  $i$  ;

$C_i$ , la capacité des véhicules circulant sur la ligne  $i$  ;

$N_{it}$ , le nombre de véhicules circulant sur la ligne  $i$ , le jour  $t$  ;

$n_{it}$ , le nombre de passages par véhicule de la ligne  $i$  pendant le jour  $t$

Dans ce calcul, nous raisonnons sur une journée  $t$ . Ceci permet de tenir compte sur l'année de la différence de service entre un jour de semaine et un week-end, selon les périodes de l'année (vacances ou non). Les variables  $N_{it}$  et  $n_{it}$  permettent de prendre en compte l'évolution de l'offre selon les tranches horaires du jour  $t$ .

Afin d'améliorer la production de l'entreprise, c'est-à-dire l'offre de transports, on peut entre autres réduire le temps de parcours des lignes. Ainsi un même véhicule fera plus d'allers-retours pendant la même période. On peut aussi augmenter la capacité des véhicules.

### **Notion de productivité**

D'un point de vue économique, la productivité se définit comme le quotient de ce qui est produit sur ce qui est mis en œuvre pour le produire. En matière de transports collectifs urbains (TCU), la productivité a pour expression :  $prod = \frac{PKO}{coûts}$ .

Deux types de productivité peuvent être soulignés : la productivité externe, qui concerne les influences extérieures sur les moyens de production de l'entreprise, et la productivité interne, qui concerne exclusivement les variables sur lesquelles l'entreprise a une influence directe.

Concrètement, une entreprise de transport peut améliorer sa productivité interne soit en abaissant la masse salariale par l'intermédiaire d'une automatisation ou d'une réorganisation de ses services (baisser ce qui est mis en œuvre pour produire), soit en abaissant les coûts d'exploitation des lignes par une augmentation des capacités des véhicules utilisés (augmenter la production).

2) Une entreprise de TCU a une gestion dépendante de facteurs externes et internes à son activité. Les facteurs externes sont les conditions de circulation, l'évolution de paramètres économiques comme l'inflation, le taux des emprunts, le prix du pétrole...

Les facteurs internes sont par exemple la masse salariale, les coûts de maintenance des véhicules et des équipements en général (stations de métro, abris bus...).

La productivité externe est la productivité qui dépend de facteurs échappant en tout ou en partie à l'entreprise. Dans notre cas, les conditions de circulation sont un facteur extérieur à l'entreprise, et dont l'influence sur la productivité des transports de surface est déterminante.

L'entreprise a aussi la possibilité d'agir sur sa productivité externe. Elle peut négocier avec les collectivités locales dans le but d'améliorer ses temps de parcours (création de sites propres, priorité aux feux de circulation) et donc sa vitesse commerciale.

**3)** Les conditions de circulation interviennent dans la structure des coûts de l'entreprise. Elles ont une influence sur la qualité du service et sur la satisfaction des usagers. C'est un paramètre important de la vitesse commerciale des transports de surface. Ainsi l'entreprise doit affecter une partie de son budget à l'amélioration de son offre selon l'évolution de circulation : gérer les heures de pointe, optimiser les fréquences des lignes selon les périodes de la journée, de l'année... Ceci se fait à partir des données recueillies sur de longues périodes.

Les conditions de circulation interviennent aussi dans les investissements des infrastructures. En effet les voies de transport en site propre, même partiel, permettent de s'isoler du reste du trafic. L'entreprise doit alors négocier avec les propriétaires de la voirie pour construire ces sites. Elle peut aussi négocier avec les collectivités locales pour que les feux de circulation soient réglés à l'avantage de ses véhicules.

**4)** Les relations contractuelles liant SLTC et SYTRAL sont régies par une délégation. SYTRAL est propriétaire du réseau, des infrastructures et des véhicules qu'il met à disposition de SLTC. SLTC est chargé de sa gestion et son exploitation. SLTC a un devoir de service, le contrôle étant exercé par SYTRAL.

**5) Un Système d'Aide à l'Exploitation (SAE) est la mise en œuvre et l'exploitation de mesures fines de régulation. Il permet de recueillir tout un ensemble de données : positions des véhicules, temps entre les arrêts, localisation de problèmes de circulation...**

Grâce au SAE, l'entreprise dispose d'éléments précis pour contrôler en temps réel la circulation de ses véhicules, et affiner ses politiques de transport. L'entreprise diminue ses temps de battements, ses temps de déplacement, ses coûts d'exploitation.

Mais un SAE peut aussi être directement utile aux usagers. Il permet un meilleur service à l'utilisateur, comme par exemple une plus grande ponctualité des bus. La vitesse commerciale est augmentée. Les usagers ont accès à un temps d'attente précis. D'autre part, il donne une meilleure perception au SYTRAL et aux usagers vis-à-vis du service rendu par SLTC.

Sur l'agglomération lyonnaise, SLTC a mis à l'essai sur différentes lignes de transport de surface, un système donnant à l'utilisateur son probable temps d'attente. La satisfaction générale semble mitigée. Cependant ce type de système demande, pour une ligne donnée, des informations précises sur une longue durée. De nettes améliorations pourront sûrement être apportées avec le temps et l'accumulation des données.

Ce système pourrait alors s'étendre à l'ensemble du réseau lyonnais. En attendant, on pourrait mettre en place un dispositif plus simple notamment pour le métro. Mettre un compteur dans chaque station. Celui-ci donnerait juste le temps écoulé depuis le dernier passage. Avec les fréquences moyennes déjà affichées, l'utilisateur pourrait alors avoir une bonne approximation de son attente.

**6) La mise en place d'équipement en système d'aide à l'exploitation a des conséquences directes sur les usagers. Ainsi, un usager ne réagira pas de la même façon, si on lui donne ou non, une estimation de son temps d'attente. Imaginons un usager qui attend son bus pendant un quart d'heure sans autre approximation de son attente. Celui-ci réagira différemment si l'estimation est fautive, et qu'il attend un quart d'heure au lieu de cinq minutes.**

Le ressenti des usagers vis-à-vis du mauvais fonctionnement de ce système est fort. Le temps que le système fasse complètement ses preuves sur une ligne, il est alors important de bien signaler que le système est à l'essai et que le temps est une estimation.

L'alternative face à cette insatisfaction potentielle serait d'afficher le temps écoulé depuis le passage du dernier véhicule SLTC. Toujours demandeur de précisions, l'utilisateur accueillera cette information positivement. Il aura alors une bonne approximation de son attente avec un ressenti diminué envers SLTC en cas d'échec.

7) En matière de TCU, la productivité est essentielle. Les investissements sont lourds. Il faut donc continuellement augmenter la rentabilité du réseau. Il faut jouer à la fois sur la productivité interne et externe. Ce travail doit se faire sur chaque ligne et à l'échelle de l'ensemble du réseau.

Négocier avec les collectivités pour favoriser les véhicules SLTC est primordial. Les résultats sur la qualité de service sont nets. Prenons l'exemple de la ligne de bus TCL n°1. Vers Laurent Bonneval, le bus utilise la même voie que les autres usagers de la voirie. Vers Saint-Paul, le bus dispose d'une voie privilégiée. Compte tenu de la circulation sur la cours Lafayette, le bus est nettement plus efficace vers Saint-Paul. L'acceptation des projets de sites propres est alors un point clé dans l'amélioration de la prestation et de la productivité.

De plus, les collectivités peuvent user de leur droit de police afin de privilégier les véhicules TCU. Dans la gestion du trafic et des carrefours, les feux de signalisation permettent d'augmenter la vitesse commerciale des véhicules. De même, les collectivités ont leur place dans la réalisation d'aménagements comme les pôles multimodaux. Ceux-ci améliorent l'efficacité du réseau. Ils incitent aussi des usagers à laisser leur voiture en périphérie de ville pour prendre les TCU.



## Deuxième partie

### Réalisation de deux axes forts

#### 1°/ Etude de l'axe A3

##### *Evaluation des dépenses d'exploitation*

<b>Avant la réalisation de l'axe A3</b>	<b>Après la réalisation de l'axe A3</b>
Dépenses d'exploitation de la ligne 1 <b>2,903 M€ HT</b>	Dépenses d'exploitation sur le tronçon de la ligne 1 <b>2,390 M€ HT</b>
Dépenses d'exploitation de la ligne 51 <b>0,916 M€ HT</b>	Dépenses d'exploitation sur le tronçon de la ligne 51 <b>1,038 M€ HT</b>

*Ligne 1* : Les dépenses d'exploitations sur la ligne 1 diminuent car la rapidité du trajet est améliorée. En effet cela diminue le temps de travail à payer pour les frais de conduite. On a estimé à 25 % le gain de temps sur la ligne 1 :

Avant heure de pointe : 43 ,4 min    Avant heure creuse : 32,6 min    Moyenne : 38 min

Le temps de parcours après les travaux étant de 28,5 min (7,6Km / 16 Km/h) le gain de temps est donc de 9,5 minute soit de 25 %.

*Ligne 51* : La ligne de bus étant transformée en trolleybus, nous avons utilisé le montant au Km des dépenses d'exploitation de la ligne 1 après travaux, pour en déduire les dépenses d'exploitation sur le tronçon de la ligne 51.

##### *Economies d'exploitation*

La réalisation de l'axe A3 va entraîner une restructuration des lignes 56 et 57. Nous avons considéré que 40% de ces deux lignes vont être supprimé dans notre calcul d'économie d'exploitation.

Ligne 1 : Coût exploitation avant – Coût exploitation après = - 513,84 Keuros

Ligne 51 : Coût exploitation avant – Coût exploitation après = 1037,98 – 916

Modification L 56, 57 : 40/100(Coût exploitation L56 +L57) = - 303,88 – 187,77

Total = -888 Keuros

L'économie d'exploitation de l'axe A3 est donc de 0,89 Meuros HT

### ***Gain de clientèle***

Pour évaluer le gain de clientèle, nous nous baserons sur les gains de temps généralisés attendus. La formule utilisée s'écrit :

$$\frac{\Delta \text{trafic}}{\text{trafic}} = -0,75 * \frac{\Delta(\text{temps généralisé})}{\text{temps généralisé}}$$

Le temps généralisé se calcule de la manière suivante, en tenant compte de coefficients de pénibilité :

$$\text{temps généralisé} = T_{\text{parcours}} * 1 + T_{\text{attente à l'arrêt}} * 2 + T_{\text{approche en marche}} * 1,75 * 2 + T_{\text{rupture de charge}}$$

Rem :

1.  $T_{\text{attente à l'arrêt}} = \frac{\text{fréquence}}{2}$  ; la fréquence étant prise en moyenne sur un jour fort.
2. Pour le calcul du temps d'approche en marche, nous considérerons que le voyageur effectue 300 m à pieds, à la vitesse de 5 km/h (soit 4 min en arrondissant à la valeur supérieure).
3. L'individu moyen ne parcourt pas toute la ligne de transport, mais en moyenne 60% de la ligne. Nous prendrons donc des temps de parcours proportionnels.
4. Le temps de rupture de charge sera pris égal à 4 min.
5. Les temps de parcours sont
  - Sur la ligne 51 : 10,6 min (inchangé après la réalisation de l'axe A3 car cette ligne dispose déjà d'un parcours en grande partie en site propre).
  - Sur la ligne 1 : 37,9 min en moyenne avant la réalisation  
28,5 min après l'aménagement.

Nous obtenons les résultats suivants :

<b><i>Temps de parcours généralisé</i></b> (en min)	<b>Avant la réalisation de l'axe A3</b>	<b>Après la réalisation de l'axe A3</b>
<b>Sur le tronçon de la ligne 1</b>	41,1	35,5
<b>Sur le tronçon de la ligne 51</b>	26,4	24,7
<b>Pour les usagers faisant la liaison 1 + 51</b>	57,5	50,2

Rem : Les usagers des lignes 1 et 51 ont en moyenne un gain de temps de parcours généralisé de 4,8 min. Si on prend une valeur du temps horaire de 10 € pour l'usager qui se déplace, nous obtenons un gain monétarisé de 9,7 M€/an lors de la réalisation de l'axe A3.

	<i>Augmentation de clientèle due au gain de temps (par jour fort)</i>
Sur le tronçon de la ligne 1	3798
Sur le tronçon de la ligne 51	607
Sur la liaison 1 + 51	427

Sur la nouvelle ligne A3, il y aura donc une augmentation de fréquentation moyenne de 4832 usagers par jour fort. Le nombre total d'usagers de cette nouvelle ligne Cristallis s'élèvera alors à 48 688 personnes par jour fort.

### *Recettes clientèles*

<b>Avant la réalisation de l'axe A3</b>	<b>Après la réalisation de l'axe A3</b>
Recettes des usagers de « Villeurbanne et Lyon » circulant sur le tronçon de la ligne 1  <b>3,75</b> <b>M€ HT</b>	Recettes des usagers de « Villeurbanne et Lyon » circulant sur le tronçon de la ligne 1 (en tenant compte des gains de clientèle obtenu à partir des gains de temps généralisé)  <b>4,19</b> <b>M€ HT</b>
Recettes des usagers de « Vaulx en Velin » dont une partie (hypothèse 1) poursuivent leur trajet sur la ligne 1  <b>0,46</b> <b>M€ HT</b>	Recettes des usagers de « Vaulx en Velin » (ligne 51,56 et 57) qui prendront l'axe A3 (hypothèse 1)  <b>0,51</b> <b>M€ HT</b>

### *Evolution des recettes*

En prenant l'hypothèse qu'un trajet rapporte en moyenne 0,7 Euros et en considérant qu'une année est composée de 250 jours forts, nous pouvons calculer les recettes de tickets de transport. Par ailleurs, les usagers pouvant faire des correspondances dont on ne connaît pas toujours la nature, nous diviserons notre recette par un taux de correspondance de 1,5. Ce taux permet de prendre en compte dans les calculs les personnes ayant par exemple composé dans le métro avant de prendre la ligne 1. Au final, nous obtenons les résultats suivants :

Avant, Recettes = 5117 k€ /an.

Après, Recettes = 5680 k€ /an.

D'où une augmentation de recettes due à l'augmentation de clientèle s'élevant à 564 k€ /an.

### ***Bilan total***

	<b><i>Bénéfice d'exploitation</i></b>
Avant la réalisation de l'axe A3	<b>1,3 M€ / an</b>
Après la réalisation de l'axe A3	<b>1,452 M€ / an</b>

### ***Investissement nécessaire à la réalisation de l'axe A3***

\* Hors matériel roulant :

Ligne aérienne : 3,6 x 0,6

7 Carrefours et feux = 7 x (0,5 + 0,1)

Site propre = 3 x 3,6

Aménagement Dépôt Trolleybus = 1

Total = 18.16 Meuros HT ( 34.96 Meuros avec revêtement spécial)

\* Matériel roulant : Il faut calculer le nombre de trolleybus  $N$  nécessaires pour assurer la fréquence désirée.

$N = D / (f \times V)$  avec :

-  $D$  distance totale de la ligne (aller-retour)

-  $f$  fréquence

-  $V$  vitesse moyenne pondérée ( par les kilomètres commerciaux) = 16.8

Suivant en heure de pointe, donc à la période où il faut le plus de matériel roulant on obtient

$N = 26$  trolleybus.

A ces 26 trolleybus on ajoute 4 autres pour des raisons techniques (pannes, entretien... )

On obtient donc 30 trolleybus à 1 Meuros pièce, soit un coût de matériel roulant évalué à 30 Meuros.

Globalement, le montant de l'investissement nécessaire à la réalisation de l'axe A3 est donc de 48.16 Meuros sans revêtement spécial et de 64.96 Meuros avec.

### ***Temps de retour sur investissement***

Tout d'abord, déterminons le gain annuel sur la ligne Cristallis A3 :

$$G = 5680 - (2390 + 1038) = 2252 \text{ k€ /an.}$$

\* Avec revêtement spécial, l'investissement est **64,96 M€ / an.**

Le retour sur investissement sera obtenu au bout de 28,8 années.

\* Sans revêtement spécial, l'investissement est **48,16 M€ / an.**

Le retour sur investissement sera obtenu au bout de 21,4 années.

Sachant que l'Etat participe à hauteur de 35% aux projets d'aménagement mettant en place un trolleybus, nous pouvons calculer le réel investissement que les collectivités locales devront fournir :

\* Avec revêtement spécial, l'investissement est **42,22 M€ / an.**

Le retour sur investissement sera obtenu au bout de 18,7 années.

\* Sans revêtement spécial, l'investissement est **31,3 M€ / an.**

Le retour sur investissement sera obtenu au bout de 13,9 années.

### ***Conclusion générale sur l'axe A3***

Afin d'estimer le réel impact en terme de productivité externe, considérons une dernière variante qui n'agirait que sur la voirie en site propre et les priorités aux carrefours. L'investissement envisagé est alors seulement de 18,16 M€ / an =  $I_1$ . Ce sont les bus actuels qui font les rotations.

Le taux de rentabilité interne dans ce cas-là est :

$$TRI = \text{investissement} + \sum_{n=0}^{30} \frac{1,452}{(1+a)^n}$$

où  $a$  est le taux d'actualisation (pris égal à 8%) et  $n$  le nombre d'années sur lequel on calcule le TRI.

Ainsi,  $TRI_1 = - 0,38 \text{ M€ / an.}$

Si, dans cette même hypothèse, nous prenons en compte la participation de l'Etat aux investissements, nous obtenons  $TRI_1' = 5,9 \text{ M€ / an.}$

Un autre taux de rentabilité peut être étudié : il s'agit du taux de rentabilité économique et sociale TRE. On ajoute alors au bénéfice d'exploitation le gain monétarisé en temps pour les usagers. Les résultats n'en sont alors que plus positifs.

Penchons-nous maintenant sur l'axe A4, assurant une liaison entre les Minguettes et la Part-Dieu en tramway.

## 2°/ Etude de l'axe A4

### *Evaluation des dépenses d'exploitation*

Les dépenses d'exploitation tiennent compte du coût de la conduite (salaires des chauffeurs), du coût de l'énergie et de l'entretien.

#### Avant réalisation de l'axe A4 :

Les dépenses d'exploitation avant la réalisation de l'axe A4 correspondent à celles de la partie sud de la ligne de bus 36 :

$$\text{coût d'exploitation ligne 36} * \frac{\text{longueur partie sud}}{\text{longueur totale}} = 18622 * \frac{11,7}{20,2} = 10786 \text{ kF} \text{ soit } \mathbf{1,644M€}$$

#### Après réalisation de l'axe A4 :

Le coût d'exploitation au kilomètre d'un tramway est de l'ordre de 3,4 euros/km. Ce coût d'exploitation tient compte du coût de conduite, du coût de roulage et d'entretien du tramway. Dans le cas de l'axe A4, il faudra réaliser l'ensemble des 11,7 km de voie. Nous évaluons le nombre de « tramway à rouler » en fonction de la fréquence exigée de 6 min. Sachant que les tramway fonctionnent 19 heures par jour et que l'on a 250 jours « forts » dans une année d'exploitation, nous avons donc :

$$3,4 * 11,7 * \frac{19 * 60}{6} * 250 = 1,890 \text{ M€}$$

Cependant, la réalisation de l'axe A4 permettra la suppression de la ligne de bus 48 entre les Minguettes et la gare de Vénissieux. On fera alors l'économie du coût d'exploitation de cette ligne, c'est-à-dire : 4897 kF soit 746 543 €

### ***Gain de clientèle***

Pour évaluer le gain de clientèle, nous nous baserons sur les gains de temps généralisés attendus. La formule utilisée s'écrit :

$$\frac{\Delta \text{trafic}}{\text{trafic}} = -0,75 * \frac{\Delta(\text{temps généralisé})}{\text{temps généralisé}}$$

Le temps généralisé se calcule de la manière suivante, en tenant compte de coefficients de pénibilité :

$$\text{temps généralisé} = T_{\text{parcours}} * 1 + T_{\text{attente à l'arrêt}} * 2 + T_{\text{approche en marche}} * 1,75$$

Rem : 1. Nous ne tiendrons pas compte du temps additionnel de rupture de charge, dans la mesure où nous considérons des trajets Minguettes-Part-Dieu pour la ligne 36 et Minguettes-Gare de Vénissieux pour la ligne 48, trajets sur lesquels il n'y a pas de rupture de charge.

$$2. T_{\text{attente à l'arrêt}} = \frac{\text{fréquence}}{2}$$

Lorsqu'elle ne nous sera pas donnée nous calculerons la fréquence avec la formule suivante :

$$f = f_{\text{heure de pointe}} * \frac{\text{durée de pointe}}{\text{durée totale de fonctionnement}} + f_{\text{heure creuse}} * \frac{\text{durée creuse}}{\text{durée totale de fonctionnement}}$$

3. Pour le calcul du temps d'approche en marche, nous considérerons que le voyageur effectue 300 m à pieds, à la vitesse de 5 km/h.

4. L'individu moyen ne parcourt pas toute la ligne de transport, mais seulement la moitié, on divisera par conséquent les temps de parcours par 2.

Nous obtenons les résultats suivants :

Les temps sont en minutes

		vitesse commerciale	Temps de parcours	Temps d'attente à l'arrêt	Temps approche en marche	Temps généralisé	Gain moyen	deltaTrafic trafic	Gain Clientèle/j	Recettes annuelles
ligne 36	Heure de pointe	14,5	24,2	4,9	3,6	40	10	0,25	5852	682745
	Heure creuse	16,5	21,3	4,9	3,6	37				
Tram A4	Heure de pointe	21	16,7	3,0	3,6	29				
	Heure creuse	21	16,7	3,0	3,6	29				
ligne 48	Heure de pointe	14,5	6,2	4,8	3,6	22	5,2	0,23	1433	167155
	Heure creuse	16,5	5,5	4,8	3,6	21				
Tram A4	Heure de pointe	21	4,3	3,0	3,6	17				
	Heure creuse	21	4,3	3,0	3,6	17				

longueur totale de ligne

A4 11,7 km

longueur Minguettes-Gare de Vénissieux

3 km



3. Restructuration de la ligne : Avec la réalisation de l'axe A4, il sera possible de supprimer la partie sud de la ligne 36. Les lignes 48, 93, Zi1 pourront également être supprimées partiellement voire en totalité, compte tenu du fait que la nouvelle ligne de tramway reliera les Minguettes et la gare de Vénissieux.

4. Le coût d'investissement vaut :

Investissement (hors matériel roulant) =  $(4+8+1*2)*11,7+12*0,5+15*1 = 184,8 \text{ M€}$

L'Etat participe au financement de la création du tramway à hauteur de 35%, d'où :  
Investissement du SYTRAL (hors matériel roulant) =  $0,65*184,8 = 120,12 \text{ M€}$

A cela, il faut ajouter le coût des matériels roulant. Calculons donc le nombre de tramways nécessaires :

Nombre de Tramway =  $L / (f.V)*2+2$  où L : longueur de la ligne L = 11,7 km

f : fréquence f=6 min

V : vitesse commerciale moyenne V=21 km/h

D'où Nombre de Tramway =  $6*2+2 = 14$ .

Rem : On multiplie par 2 car on a deux voies et on ajoute deux tramway supplémentaires pour tenir compte du temps nécessaire pour changer de direction. Par ailleurs, ces tramways supplémentaires seront nécessaires en cas de panne éventuelle du matériel roulant.

Investissement du SYTRAL (avec matériel roulant) =  $120,12 + 1,9*16 = 148,92 \text{ M€}$

5. Le coût d'exploitation, en tenant compte du gain financier résultant de la fermeture des lignes 36 (partie sud) vaut :  $1,89 - 1,644 - 0,7,46 = -0,5 \text{ M€}$ .

Les recettes annuelles se chiffrent à :  $682745 + 167155 = 849900 \text{ €}$

Le bénéfice d'exploitation vaut donc :  $500000 + 849900 = 1,35 \text{ M€}$ .

On peut alors calculer le TRI à 30 ans avec un taux d'actualisation de 0,8%.

Le retour sur investissement de l'axe A4 est impossible à 30 ans, il nous restera encore de l'ordre de 120 M€ de déficit à rembourser. En comparaison de l'axe A3 (trolley-bus en site propre), on remarque donc que ce projet est très mauvais en terme de retour sur investissement.

6. Cependant, au-delà des seuls critères financiers, on peut envisager de tenir compte d'autres données telles que le gain de temps pour l'utilisateur. Calculons donc le TRE, avec une valorisation du temps de l'ordre de 10 € par heures gagnées annuellement par les usagers.

Malgré cela on ne peut pas calculer de TRE : au bout de 30 ans avec un taux d'actualisation de 8%, on a encore un déficit de l'ordre de 100 M€, et en prenant un taux d'actualisation de  $2 \cdot 10^{-4}$ , ce déficit reste élevé, aux alentours de 20 M€!

## Généralisation

1. L'annuité de remboursement d'emprunt pour un prêt de 30 millions d'euros vaut **4,076 M€**. Si on emprunte 30 M€ par an de 2005 à 2015, en 2005 il faudra que le SYTRAL rembourse 4,07 M€, en 2006 8,15 M€... jusqu'au maximum en 2015 : 40,76 millions d'euros. A partir de 2015, on arrête d'emprunter donc les remboursements vont diminuer, et en 2020 ils se chiffrent à 20,38 millions d'euros.

2. En considérant les valeurs correspondantes pour les axes A3 et A4, le gain en vitesse imputable au réseau de surface vaut : 4,75 km/h.

	Axe A3, 12 km commerciaux	Axe A4, 12 km commerciaux
Gain en HP (km/h)	3,9	6,5
Gain en HC (km/h)	1,4	4,5

Le gain en temps sur tout le réseau vaut donc :  $125\ 000 / 4,75 = \dots$

## Conclusion

Des aménagements de voirie, aussi conséquents que les projets A3 et A4, présentent de multiples contraintes pour leur réalisation. Dégager un espace nécessaire à une ligne de tramway ou une ligne de bus en site propre n'est pas chose facile compte tenu des multiples utilisations de la voirie.

Le partage de l'espace est délicat. Il faut bien penser que la réalisation de tels projets doit se faire tout en assurant la circulation dans des conditions correctes de sécurité. L'activité économique locale ne doit pas être « asphyxiée » pendant la phase des travaux. Certaines contraintes de la réalisation peuvent aussi ajouter des coûts importants. On indemniserà des commerçants dont l'accès est rendu difficile pendant une certaine période. La réalisation passe parfois par des acquisitions foncières, d'autant plus pour les lignes de tramways, qui nécessitent de dégager plus d'espace. Limiter au maximum ces acquisitions est une contrainte très importante, car le foncier en centre ville coûte très cher.

Une notion importante est celle d'acceptabilité des projets. Cette acceptabilité est double, celle perçue par le riverain, et celle perçue par l'utilisateur. Le ressenti collectif vis-à-vis d'un projet d'aménagement est une contrainte qui peut fortement freiner sa réalisation. En effet, la réalisation passe par la gestion des conflits d'usages, le partage de l'espace, des problèmes de domanialité... Tout ceci doit se faire avec la collaboration active des élus locaux. Or électoralement, de manière générale, il est mal perçu pour un élu, de soutenir fortement un aménagement qui bouleverse les usages de la voirie. Un élu se préoccupera toujours de l'opinion de ses administrés, alors que la majorité des futurs utilisateurs seront des voyageurs de transit.

L'image du projet est donc essentielle pour sa réalisation. Ce phénomène se retrouve dans la « renaissance » du tramway. Malgré un coût plus élevé que les lignes de bus en site propre, les projets de tramway sont très souvent mieux accueillis par l'opinion. Pourtant, l'efficacité de ce type de bus n'a rien à envier à celle des tramways. Les conditions de sécurité, pendant et après la réalisation du projet, constituent aussi un point important pour sa valorisation. C'est un aspect très délicat du travail sur « le terrain », faire cohabiter à terme piétons, voitures, bus en site propre dans des conditions optimales de sécurité.