



**ADEME**



Groupe opérationnel (GO) n° 6  
**Politiques des transports**

**IMPACT DE L'OUVERTURE A LA CONCURRENCE  
DANS LE TRANSPORT REGIONAL FERROVIAIRE DE VOYAGEURS  
SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE ET  
SUR LES EMISSIONS DE CARBONE**



Rapport de recherche

25 février 2012



# SOMMAIRE

INTRODUCTION, *page 5*

1 – IMPACT DE L'OUVERTURE SUR LES COÛTS FACTURES AUX REGIONS, *page 13*

11. Estimation des coûts de la SNCF en transport régional ferroviaire (TRF), *page 15*

12. Examen des possibilités de réduction des coûts du TRF, *page 36*

2 – IMPACT DE LA REDUCTION DES COÛTS SUR LA FREQUENTATION, *page 43*

21. Examen des politiques envisageables, *page 45*

22. Estimation de l'élasticité de la demande à l'offre, *page 48*

23. Estimation du trafic supplémentaire, *page 50*

3 – IMPACT DE L'AUGMENTATION DE LA FREQUENTATION SUR L'ENVIRONNEMENT, *page 55*

31. Estimation de l'impact sur les consommations d'énergie, *page 57*

32. Estimation de l'impact sur les émissions de carbone, *page 64*

4 – ETUDE D'UN CAS : LA LIGNE COLMAR-METZERAL, *page 69*

41. Modèle d'estimation des coûts du transport régional ferroviaire, *page 71*

42. Choix de la ligne et des scénarios, *page 74*

43. Valeurs d'entrée du modèle, *page 78*

44. Impact sur les différentes composantes du coût, *page 83*

45. Impact sur le montant de la subvention d'équilibre, *page 92*

CONCLUSION, *page 103*

ANNEXES

1. Bilan de l'ouverture à la concurrence dans le TRF en Allemagne, *page 113*

2. Estimation des coûts d'exploitation en France sur quelques relations, *page 133*

3. Visites de quelques petits réseaux en Europe, *page 149*

4. Estimation de la consommation de gazole d'une desserte périurbaine, *page 205*

5. Entrées et sorties du modèle d'estimation des coûts de Colmar-Metzeral, *page 221*

BIBLIOGRAPHIE, *page 233*

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES, *page 235*

LISTE DE SIGLES ET DES ABREVIATIONS, *page 241*

TABLE DETAILLEE DES MATIERES, *page 243*



# Introduction



## Problématique

La présente recherche sur l'impact de l'ouverture à la concurrence dans le transport ferroviaire régional de voyageurs sur la consommation d'énergie et sur les émissions de carbone peut être qualifiée d'**actualité** puisqu'elle s'inscrit à la fois :

- dans le cadre de la loi de programme relatif à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement dite « loi Grenelle 1 », adoptée par les députés le 21 octobre 2008, et qui précise : « *L'objectif est de réduire, dans le domaine des transports, les émissions de gaz à effet de serre de 20 % d'ici à 2020, afin de les ramener à cette date au niveau qu'elles avaient atteint en 1990* » ;
- dans la poursuite de la réflexion initiée par le rapport « Conditions pour une expérimentation portant sur l'ouverture à la concurrence des services de transports ferroviaires régionaux de voyageurs » (dit rapport Grignon) publié le 18 mai 2011 et qui propose que les Régions soient autorisées à expérimenter, par appel d'offres, une ouverture à la concurrence ;
- dans la feuille de route établie par la Ministre en charge des transports à la suite des Assises du ferroviaire qui se sont tenues à la fin de l'année 2011 et qui prévoit une ouverture expérimentale pour les TET (trains d'équilibre du territoire) en 2014 et pour les TER à la date d'échéance de leur conventionnement pour les Régions qui le souhaitent.

## Grandes lignes de la démarche

Très schématiquement, la démarche s'appuie sur le **cercle vertueux** de l'ouverture qui se décompose en cinq phases descendantes (flèches bleues continues) et une phase montante (boucle rouge discontinue de rétro-action) :

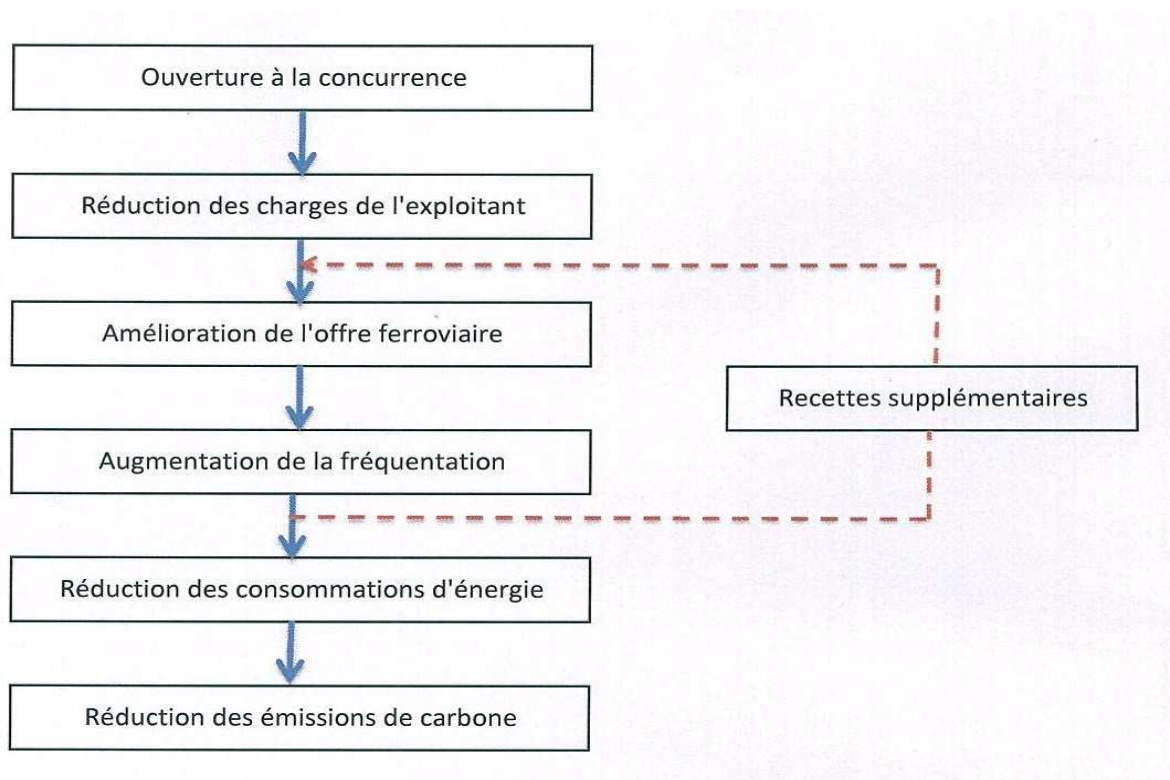


Figure 1 Cercle vertueux de l'ouverture

Le rapport qui suit va examiner, phase par phase, sous quelles conditions et dans quelle mesure l'assertion de départ conduit à l'assertion d'arrivée. Mais il convenait de rappeler avant d'entrer dans les détails de démarche, le fil conducteur de la démonstration.



## Contenu du rapport

L'objet de la présente recherche qui est de chiffrer l'impact de l'ouverture sur l'environnement devra donc aborder successivement chacune des étapes intermédiaires mentionnées dans le schéma précédent.

D'où le plan du rapport :

1<sup>ère</sup> phase : Impact de l'ouverture sur les coûts d'exploitation facturés aux Régions.

Il s'agira d'estimer les coûts actuels de la SNCF pour le transport ferroviaire régional de voyageur puis d'examiner, en supposant que cette activité est ouverte à la concurrence, quelle pourrait être l'ampleur de la réduction des coûts d'exploitation.

2<sup>ème</sup> phase : Impact de la réduction des coûts sur la fréquentation du transport ferroviaire.

Il s'agira d'estimer, en supposant que les Régions réinvestissent les gains réalisés dans l'amélioration de l'offre, quelle augmentation de la fréquentation du transport régional ferroviaire de voyageur, on peut attendre de cette amélioration de l'offre.

3<sup>ème</sup> phase : Impact de l'augmentation de la fréquentation du transport ferroviaire sur l'environnement.

Il s'agira d'estimer, en supposant que la clientèle supplémentaire du train provient d'un transfert de la voiture, quel est l'impact de ce transfert sur les consommations d'énergie et sur les émissions de carbone.

4<sup>ème</sup> phase :

Il s'agira d'estimer, cette fois non plus au niveau national mais au niveau d'une ligne précise, ce qu'on peut attendre de l'ouverture à la concurrence sur le montant de la subvention d'équilibre versée par la Région au transporteur.

## **Avertissement**

Le consultant a sollicité deux rendez-vous auprès de la SNCF, un au niveau régional et un au niveau national, et, à chaque fois, il a été très bien reçu.

Toutefois, ses demandes de données chiffrées n'ont été que partiellement satisfaites.

Il a été destinataire de nombreuses données « techniques » telles que le poids des trains x kilomètres assurés par la traction électrique dans l'ensemble des trains x kilomètres du TER ou encore le nombre de grammes équivalent CO<sub>2</sub> émis par le TER rapportés au nombre voyageurs x kilomètres transportés.

Mais aucune donnée « économique » ne lui a été transmise. On comprend aisément que la SNCF, comme d'ailleurs tout autre entreprise, ne publie pas ses coûts de revient surtout à la veille de l'ouverture à la concurrence.

## Equipe

Une équipe franco-allemande<sup>1</sup> issue de trois bureaux d'études (BEAUVAIS CONSULTANTS, KCW et RAIL CONCEPT)<sup>2</sup> a été constituée pour couvrir tous les aspects de la question : exploitation, modélisation, droit public, économie, énergie et environnement.

Au total, huit experts ont été mobilisés :

- Jean-Marie BEAUVAIS, économiste des transports et de l'environnement, et chef de projet ;
- Andreas WETTIG, consultant et adjoint au chef de projet;
- Andrea PASSAUER, géographe en charge de l'exploitation de la base des appels d'offres ;
- Gérard GUYON, ingénieur et spécialiste des transports ferroviaires urbains et régionaux;
- Julien GAUDREMEAU, ingénieur-économiste ;
- André DARMOCHWAL, spécialiste de l'aménagement du territoire en charge de la modélisation;
- Denis GÜNTHEL, économiste des transports en charge de la modélisation ;
- Charlotte PAING, maquettiste.

---

<sup>1</sup> En Allemagne, les appels d'offres dans le transport ferroviaire régional ont débuté dès 1995. On est donc en mesure aujourd'hui de dresser un bilan de l'ouverture à la concurrence qui porte sur une quinzaine d'années (voir annexe n°1).

<sup>2</sup> BEAUVAIS CONSULTANTS. 19 rue Edouard-Vaillant 37000 Tours France. Téléphone: 33 2 47 05 96 96. Courriel: [jean-marie@beauvais-consultants.com](mailto:jean-marie@beauvais-consultants.com) / KCW. Bernburger Strasse 27, 10963 Berlin Allemagne. Téléphone: 49 30 408 17 68 60. Courriel: [wettig@kcw-online.de](mailto:wettig@kcw-online.de) / RAIL CONCEPT. 34 rue de la République 30133 Les Angles France. Téléphone: 33 4 90 90 54 85. Courriel: [j.gaudremeau@railconcept.fr](mailto:j.gaudremeau@railconcept.fr)



1<sup>ère</sup> phase –

Impact de l'ouverture sur les coûts  
d'exploitation facturés aux Régions



## 1.1. ESTIMATION DES COÛTS DE LA SNCF EN TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL

Notre objectif est de connaître le coût de revient de la SNCF comme opérateur de transport ferroviaire régional et même, si possible, de le connaître avec un niveau de détail suffisant pour pouvoir simuler l'impact de telle ou telle mesure d'économie sur les factures présentées aux Régions.

Comme rappelé dans l'avertissement, la SNCF ne communique pas ses coûts de revient. C'est pourquoi, les coûts auxquels nous aboutissons dans cette recherche n'ont pu être obtenus qu'après de nombreux détours et recoupements, et resteront des estimations qui ne pourront malheureusement pas être validées par la SNCF.

Quelques précisions de vocabulaire relatives aux termes de coût et de prix. En effet, il convient de distinguer :

- Entre le coût pour la SNCF et le prix pratiqué par la SNCF.

Ce qui nous est donné de connaître ce sont des prix et non pas des coûts. Or, il peut y avoir une différence entre le coût de revient de la SNCF et le prix pratiqué ne serait-ce qu'en raison de l'existence d'une **marge bénéficiaire**. Cette dernière est d'autant plus justifiée que l'opérateur prend un risque de malus ;

- Entre le prix pratiqué par le SNCF et le coût pour la Région.

La SNCF présente à chaque Région une facture qui comprend les charges de personnel roulant, les charges de matériel roulant, les charges d'énergie, les charges au sol, les charges de structure ainsi que les péages que la SNCF verse à RFF. Dans la mesure où la SNCF garde les recettes, la Région ne règle pas la totalité de la facture mais ne lui verse qu'une **subvention d'équilibre** représentant la différence entre les charges totales et les recettes. Par ailleurs, la Région bénéficie d'un transfert de l'Etat pour ses transports régionaux si bien que sa contribution nette est inférieure au montant qu'elle verse à la SNCF. Notons, inversement, que les Régions interviennent aussi au niveau des investissements.

## 1.1.1. Le prix moyen au train x km

### 1.1.1.1 Prix moyen en 2010

Le devis présenté à chaque Région par la SNCF ne correspond pas au produit d'un tarif unique au train x km multiplié par le nombre de trains x km demandés par la Région. La SNCF établit un devis sur mesure pour chaque Région en détaillant les charges (personnel roulant, énergie, redevances d'infrastructure, etc.). Le prix moyen est obtenu en divisant le total de ces charges par le nombre de train x km demandés par la Région.

Il peut arriver que la facture finale s'écarte du devis initial, suite, par exemple, à la création ou à la suppression des certaines circulations au cours de l'année. Les trains x km mentionnés dans le tableau précédent sont les trains x km effectifs et non pas les trains x km théoriques. A titre indicatif, en 2010, le pourcentage de trains x km supprimés, toutes Régions confondues, fut de 5 %. Chiffre d'affaires et trains x km s'entendent hors Corse et hors Ile-de-France.

		2009	2010
Chiffre d'affaires net	M€	3298,3	3391,9
Trains x km commerciaux	Millions	164,5	158,9
Prix du train x km	€ par train x km	20,05	21,35

Source : SNCF PROXIMITES.

Figure 2 Prix moyen du train x km en 2009 et en 2010

Le prix moyen facturé par la SNCF aux Régions était donc, en 2009, de **21,35 € par train x km**.

Autour de cette moyenne, les écarts d'une Région à l'autre sont importants : de + 34 % (cas de PACA) à - 26% (cas du Limousin) comme le montre le tableau suivant.

On peut y voir le rôle de la densité de population : en général, les Régions les plus rurales bénéficient d'un tarif plus faible que les Région les plus urbanisées. En fait, ce qui est principalement en cause c'est l'unité retenue (le train x km) qui est la même partout alors qu'un autorail 73500 de 80 places (souvent utilisé pour les dessertes en zones peu denses) revient moins cher qu'une rame tractée de quatre voitures à deux étages offrant 980 places (souvent utilisée pour les dessertes en zones denses).



	€ par train x km
Alsace	17,78
Aquitaine	18,47
Auvergne	17,78
Bourgogne	17,49
Bretagne	16,95
Centre	17,48
Champagne-Ardenne	18,88
Franche-Comté	17,37
Languedoc-Roussillon	21,96
Limousin	14,69
Lorraine	18,40
Midi-Pyrénées	22,10
Basse-Normandie	17,99
Haute-Normandie	21,99
Nord Pas-de-Calais	19,33
Pays de la Loire	19,70
Picardie	23,41
Poitou-Charentes	19,23
PACA (sauf CP)	26,52
Rhône-Alpes	21,04

Source : Conseils régionaux (données collectées par Ville, Rail & Transports en collaboration avec l'ARF et publiées dans le numéro du 6 avril 2011).

Figure 3 Prix du train x km en 2009 selon les Régions

### 1.1.1.2 Evolution depuis 2002

2002 est l'année où les Conseils régionaux deviennent les Autorités organisatrices des TER selon la loi SRU après une phase d'expérimentation limitée à quelques régions volontaires. D'où l'intérêt de faire un bilan depuis cette date jusqu'à 2010.

En 2010, les charges se sont élevées à 3,4 milliards d'euros. Après déduction d'une part, de la participation des voyageurs (près d'un milliard d'euros) et d'autre part, des compensations tarifaires (environ 0,4 M€ financés par l'Etat pour compenser le manque à gagner lié aux réductions accordées aux familles nombreuses et aux abonnés pour le travail, l'école, les études et l'apprentissage), il reste à la charge de la Région un peu plus de 2 milliards d'euro qui sont versés au transporteur au titre de la subvention d'équilibre (les comptes de la SNCF-TER sont équilibrés par construction).

	Unité	2002	2010	Evolution en monnaie courante	Evolution en monnaie constante
Charges	k€	2.006,9	3.391,9	69%	48%
Recettes voyageurs	k€	- 601,4	- 969,5	61%	41%
Compensations tarifaire		- 202,5	- 377,7	87%	63%
<b>Subvention d'équilibre</b>	<b>k€</b>	<b>1.203,0</b>	<b>2.044,7</b>	<b>70%</b>	<b>49%</b>
Trains x km commerciaux	Millions	137,8	158,9	15%	15%
Prix moyen du train x km	€ par train x km	14,56	21,35	47%	28%
Voyageurs x km	Millions	9.145,0	12.889,6	41%	41%
Prix moyen du v.km	Centimes par v.km	6,58	7,52	14%	0%

Source : SNCF PROXIMITES.

Figure 4 Evolution de la subvention d'équilibre entre 2002 et 2010

Non seulement, la subvention d'équilibre représente une somme importante mais, de plus, elle augmente à un rythme soutenu : + 70 % en monnaie courante ou encore + 49 % en monnaie constante (l'indice général des prix ayant augmenté de 14,4 % durant ces 8 années).

Cette augmentation de la subvention d'équilibre provient :

- d'une augmentation des charges de 48 % en monnaie constante qui à son tour est la résultante :
  - d'une augmentation des trains x km commerciaux de 15% (décidée par les Régions).
  - d'une augmentation du prix du train x km (imposée par la SNCF) de 28% en monnaie constante.
- d'une augmentation des recettes en provenance des voyageurs de 41 % en monnaie constante qui à son tour est augmentation est la résultante :
  - d'une augmentation des trafics de 41% en 8 ans. On peut souligner que le nombre de voyageur x km a augmenté plus vite que le nombre de trains x km. En d'autres termes, l'élasticité (on verra plus loin qu'il s'agit d'une élasticité apparente) de la demande par rapport à l'offre a été supérieure à l'unité ;
  - d'une stagnation du produit par v.km en monnaie constante.

Une partie des charges facturées par la SNCF aux Régions est, en fait, de la refacturation à l'euro l'euro des péages versés à RFF pour l'utilisation des voies. Or ces péages, voir tableau ci-après, ont connu une augmentation très soutenue : + 165 % en monnaie courante et + 132 % en monnaie constante, compte tenu d'une inflation de 14,4 % durant ces 8 années.

D'où l'idée de procéder à une estimation du prix avant péage, c'est-à-dire en écartant ce qui est imputable à RFF et non pas à la SNCF<sup>3</sup>. Si on raisonne au niveau des charges hors péages, le prix du train x km a augmenté de 57 % en monnaie courante et de 38 % en monnaie constante. Sachant que le nombre de trains x km a augmenté de 15 % durant cette période, le prix par train x km hors péages a donc augmenté de 36 % en monnaie courante et de 19% en monnaie constante. Cette évolution s'explique en partie parce que environ 60% des charges correspondent à de la main-d'œuvre et que le pouvoir d'achat de cette dernière a augmenté, certes légèrement, durant cette période.

	Unité	2002	2010	Evolution en monnaie courante	Evolution en monnaie constante
Charges	k€	2 006,60	3 391,90	69 %	48 %
Péages	k€	- 216,15	-573,87	165 %	132 %
Charges nettes de péages		1790,75	2 818,03	57 %	38 %
Trains x km commerciaux	Milliers	137,8	158,9	15 %	15 %
Prix moyen du train x km (hors péages)	€ par train x km	13,00	17,73	36 %	19 %

Sources : SNCF PROXIMITES pour les charges et pour les circulations, RFF pour les péages (il s'agit des péages réglés par les Régions hors RCTE).

Figure 5 Estimation du prix du train x km, sans et avec péage, évolution 2002-2010

<sup>3</sup> En fait, ce n'est pas tout à fait exact car RFF sous-traite à la SNCF une grande partie de l'entretien des voies et la SNCF facture RFF pour cette prestation.

## **1.1.2. Prix au train x km détaillé en 14 postes**

### **1.1.2.1 Cas de la Région Centre en 2004**

Les données qui suivent proviennent du mémoire très bien documenté d'Axel Granier (mémoire de master professionnel, Ecole nationale des travaux publics de l'Etat, 2009) réalisé à la Direction déléguée TER Centre sous la conduite de M. Richard Moutard. L'auteur présente une ventilation des charges du TER Centre de l'année 2004 en 13 qui peuvent être regroupés en 6 catégories :

1 – Le personnel roulant qui se décompose en deux postes : les conducteurs qui assurent la traction et les agents d'accompagnement qui assurent l'information et le contrôle ;

2 – Le matériel roulant qui comprend d'une part les charges de capital et d'autre part les charges de maintenance ;

3 – L'énergie de traction. Le poids des dépenses d'énergie ne représente que 4 % des charges totales, mais pour la suite de la recherche on a tenu à garder une décomposition entre des dépenses d'électricité (6.191 k€) et les dépenses de gazole (583 k€) ;

4 – Les charges au sol couvrent un grand nombre de charges relativement hétérogènes : la distribution des billets, la production des trains (par exemple, avec des locomotives de manœuvres), les services en gare (prestations d'escale pour accueillir les voyageurs et les faire attendre), la contribution de service DDG (pour couvrir les frais des gares appartenant à la Direction des gares et accueillant des services TER) et les installations fixes en gares ;

5 – Les charges de structure cumulent une quote-part des charges nationales (Siège et Direction des transports publics) et la totalité des charges régionales (Direction régionale mais aussi Surveillance générale) ;

6 – Les redevances d'infrastructure. Ces redevances sont facturées par RFF à l'Activité TER Centre. Elles sont refacturées à l'euro l'euro à la Région Centre.

Le total et chacun des montants partiels peut être rapporté au nombre de trains x km produits cette année-là pour la Région Centre, à savoir : 10.093.614 trains x kilomètres.

		Poste de charge	k€ 2004	€ par train x km
Personnel roulant	1	Traction	24 936	2,47
	2	Accompagnement	16 214	1,61
Matériel roulant	3	Charges de capital	10 859	1,08
	4	Maintenance	23 879	2,37
Energie	5	Electricité et diesel pour la traction <sup>4</sup>	6 774	0,67
Charges au sol	6	Distribution des titres de transport	8 626	0,85
	7	Production des trains	6 647	0,66
	8	Services en gare	4 211	0,42
	9	Contribution de service DDG	3 269	0,32
	10	Installations fixes en gares	3 029	0,30
Charge de structure	11	Charges de structure niveau national	8 560	0,85
	12	Charges de structure niveau régional	5 013	0,50
Péages	13	Redevances RFF pour l'infrastructure	36 993	3,66
		<b>TOTAL</b>	<b>159 010</b>	<b>15,76</b>

Source : Axel Granier (mémoire de master professionnel, ENTPE, 2009).

Figure 6 Facture détaillée présentée par la SNCF à la région Centre pour l'année 2004

<sup>4</sup> 0,52 € par train x km en traction thermique et 0,69 € par train x km en traction électrique. En région Centre, la traction électrique compte pour 88 % des parcours dans cette Région.

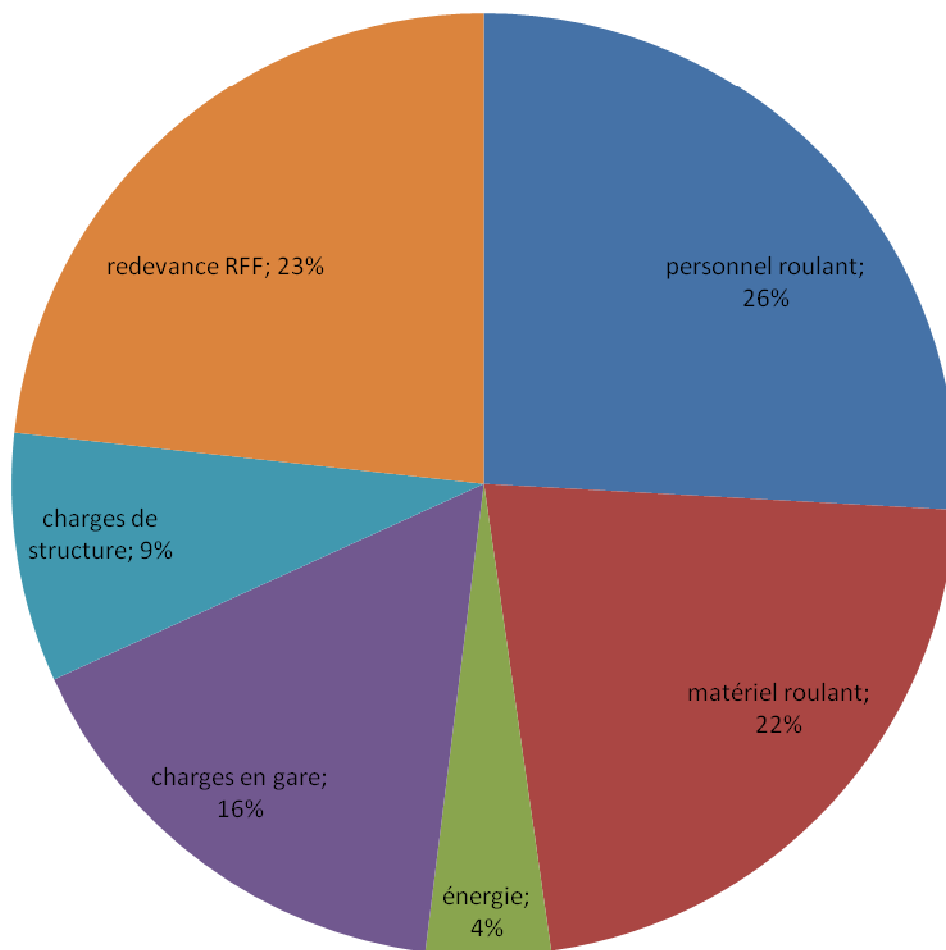


Figure 7 Ventilation des charges présentées par la SNCF à la région Centre en 2004

A la vue de ce camembert, on peut presque retenir une ventilation en 4/4 :

- le personnel roulant ;
- le matériel roulant et l'énergie qu'il consomme ;
- la redevance RFF ;
- les autres charges.

### 1.1.2.2 Prise en compte des différences régionales

Dans son mémoire, Axel Granier va plus loin puisqu'il cherche à établir des bilans par ligne. Il procède alors à une estimation des coûts des différentes unités d'œuvre (train formé, heure de conduite, kWh consommé, voyageur transporté, etc.) qui lui sont nécessaires pour estimer le coût d'un service assuré par la SNCF sur une ligne donnée, ne pouvant pas retenir comme seul critère le prix moyen au train x km. Rappelons au passage le rapport de la Cour des comptes du 25 novembre 2009 « Le transfert aux Régions du transport express régional : un bilan mitigé et des évolutions à poursuivre », page 36 : « L'un des principaux défauts de la comptabilité analytique de la SNCF est l'absence de compte de charges et de produits par ligne, ce qui empêche les Régions de disposer d'une information économique suffisamment fine. Les conventions de deuxième génération signées entre la Région et la SNCF en Rhône-Alpes et Nord-Pas-de-Calais prévoient la création de comptes de ligne. »

Les différences d'une ligne à l'autre peuvent être importantes. On se reportera, en annexe n°2, à l'étude de Rail Concept qui montre que les écarts de coûts au train x km autour de la moyenne peuvent être très importants : de 10 € / train x km à 24 € / train x km, péages compris mais hors charges de structure, sur un échantillon de 8 relations.

Dans une Région donnée, malgré la péréquation qui peut exister entre les lignes coûteuses et les lignes peu coûteuses, on retrouve ces différences entre Régions. On se reportera aussi au tableau du point 1.1.1.1 qui met en évidence des différences importantes d'une Région à l'autre : de 14,7 € par train x km pour le Limousin, à 26,5 € par train x km pour PACA, péages compris.

Ces différences peuvent tenir à de nombreux facteurs. Par exemple à des différences de vitesse commerciale, elle-même fonction de qualité de l'infrastructure et du nombre d'arrêts par km. Une différence au niveau de la vitesse commerciale aura un impact sur les coûts, car une vitesse supérieure permet une économie de moyens en raison d'une rotation plus rapide du matériel et du personnel. Ainsi, selon les Régions, les ratios « heure de conduite/train x km » ou « consommation d'énergie/train km » seront différents. La densité de la population à desservir peut aussi être un des facteurs explicatifs et c'est ainsi que le prix très bas constaté dans le Limousin peut en partie tenir au fait que le matériel roulant généralement utilisé est plus léger que celui utilisé dans la Région PACA (automoteur en unité simple contre rame de 8 caisses).

L'idée est que si les montants facturés par la SNCF varient d'une Région à l'autre en fonction de l'importance des moyens mis en œuvre, les coûts des différentes unités d'œuvre, eux, ne devraient pas être très différents sur l'ensemble du territoire français. C'est une hypothèse à nuancer, car autant on peut affirmer que le devis n'est pas établi « à la tête du client », autant les rapports de négociation peuvent être légèrement différents d'une Région à l'autre.

### **1.1.3. Estimation des coûts par unité d'œuvre en 2004**

#### **1.1.3.1 Volumes des différentes unités d'œuvre en Région Centre en 2004**

Six unités d'œuvre différentes ont été retenues :

1 – La journée de service a été retenue pour le personnel roulant sachant que certains agents parcourent plus de kilomètres que d'autres en raison de la vitesse à laquelle roule le matériel sur lequel ils ont été affectés ;

2 - La caisse a été retenue pour les charges de capital relatives au matériel roulant qui sont indépendantes de l'intensité de l'utilisation de ce matériel ;

3 - La place kilomètre offerte a été retenue pour les charges de maintenance du matériel roulant de façon à ne pas retenir le même coût pour une rame longue et un autorail ;

4 - Le train x km a été maintenu comme unité d'œuvre pour les installations fixes en gare par souci de simplification ainsi que pour les consommations d'énergie tout en distinguant les trains x km électriques et les trains x km thermiques ;

5 - Le voyageur a été retenu pour les charges de distribution. Le coût de vente du billet est en effet indépendant de la longueur du déplacement et du nombre de personnes à bord du train ;

6 - Le train a été retenu comme unité d'œuvre pour la formation des trains.

Le nombre de caisses en 2004 provient de VR&T. Le nombre de places kilomètres offertes provient du consultant qui a supposé que le ratio pko/trains x km de 2006 qui lui a été donné de connaître est le même qu'en 2004. Toutes les autres données proviennent du mémoire précité d'Axel Granier, à ceci près que les volumes par jour mentionnés dans ce mémoire, à savoir le nombre de trains et le nombre de voyageurs, ont été multipliés par 365 pour obtenir des volumes annuels.



Poste de charge	Unité d'œuvre	Unité d'œuvre 2004	Coût unitaire Euros 2004
Traction	journée de service	46 178	540
Accompagnement	journée de service	50 669	320
Charges de capital	caisse	414	26 229
Maintenance	mille places x km offertes	3 900 000	6,12
Electricité	train x km traction électrique	8 972 500	0,69
Energie thermique	train x km traction thermique	1 121 114	0,52
Distribution des titres	voyageurs	25 550 000	0,34
Production des trains	trains	135 050	49,22
Services en gare	voyageurs	25 550 000	0,16
Contribution de service DDG	voyageurs	25 550 000	0,13
Installations fixes en gares	train x km	10 093 614	0,30
Charges de structure nationale	pourcentage du sous-total	108 444	7,9 %
Charges de structure régionale	pourcentage du sous-total	108 444	4,6 %
Redevances RFF	train x km	10 093 614	3,66

Figure 8 Estimation des coûts par unité d'œuvre en 2004

### 1.1.3.2 Zoom sur les coûts de conduite

Dans son mémoire, Axel Granier annonce un coût de 540 € par journée de service sans donner la décomposition. Nous avons retrouvé l'auteur qui travaille maintenant à la SEMITAG à Grenoble et il nous a confié qu'il s'était engagé à ne pas donner les annexes de son mémoire réalisé à la DTER du Centre. Nous avons donc demandé un RV au Directeur du TER du Centre qui nous a cordialement reçu, mais n'a pas souhaité nous donner la moindre information chiffrée.

Nous nous sommes appuyés sur une information fournie par la SNCF à la suite d'une grève. La Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur publie un communiqué le 2 janvier 2009 qui, en autres choses, précise « A titre d'exemple, les conducteurs de l'unité de production de Nice travailleront en moyenne 6h30 à 7h00 par jour selon le type de trains qu'ils conduisent contre 6h00 à 6h30 précédemment, mais pour 7h48 payées selon le régime des 35 heures dont ils relèvent et qu'ils sont donc loin de faire réellement. Bien évidemment, il s'agit là des heures d'activité, car, en termes d'heures de conduite effective de trains, ils n'effectuent qu'environ 4 h en moyenne par jour, 165 jours par an. »

Ainsi, les charges annuelles par conducteur étaient, en 2004, de  $540 \times 165 = 89.100$  €.

## Les charges annuelles

Là encore, nous sommes partis d'une information fournie par la SNCF. En 2007, à la suite d'un *hoax*, la SNCF a communiqué sur la rémunération des conducteurs : « En début de carrière, un conducteur gagne entre 1.500 et 1.800 € net par mois et en fin de carrière entre 3.000 et 3.400 € net par mois. Ces sommes s'entendent primes comprises ». Et l'on suppose que le douzième de la prime de fin d'année est inclus.

Pour un conducteur de TER, on retiendra 1.600 € en début de carrière et 3.150 en fin de carrière. Ces chiffres sont plus proches du bas de la fourchette que du haut de la fourchette annoncée par la SNCF, car le conducteur TER d'une part, a une qualification moindre que le conducteur TGV et d'autre part, a des primes inférieures puisqu'il parcourt moins de kilomètres. En faisant la moyenne entre 1.600 € et 3.133 €, on obtient à peu près ce que gagne un conducteur TER en milieu de carrière, soit 2.367 €.

Ce montant est relatif à l'année 2007, mais en 2004 il était légèrement inférieur. La SNCF publie dans son rapport d'activité et d'écomobilité de 2008, l'évolution annuelle du salaire moyen du personnel en place : 3,86 % en 2005 par rapport à 2004, puis 4,14% en 2006 par rapport à 2005, puis 3,82% en 2007 par rapport à 2006. En trois années, le salaire moyen a donc augmenté de 12,3% nominalement. Inversement, le niveau de 2004 ne représente que 89% du niveau de 2007.

Ce coefficient appliqué au salaire d'un conducteur en 2007 de 2.367 €, conduit à retenir comme salaire net primes comprises le chiffre de 2.108 € par mois. Pour un conducteur de TER en 2004, la rémunération nette annuelle est donc de 25.291 €.

Les charges sociales sont habituellement calculées sur la base de la rémunération brute. On notera qu'à la SNCF les taux sont différents de ceux du droit commun : la part de l'employé est de 16,0% (au lieu de 19,8%) et la part de l'employeur est de 56,6% (contre 37,8%). Le chiffre précité de 25.291 € s'entendant net de charges sociales supportées par le salarié, les pourcentages à appliquer à cette somme sont respectivement de 19,0% et de 67,3%. Ainsi les charges sociales supportées par l'employé s'élèvent à 4.803 € et celle supportées par l'employeur à 17.033 €. On peut alors calculer le coût du conducteur pour l'entreprise :  $25.291 \text{ €} + 4.803 \text{ €} + 17.033 \text{ €} = 47.128 \text{ €}$ .

On est loin des 89.100 € de charges imputées à chaque conducteur. Au coût du conducteur s'ajoutent les coûts de personnel ayant d'autres fonctions et qui sont pourtant imputés à la conduite, voire peut-être aussi d'autres charges de personnel telles que la contribution au comité d'entreprise, etc. En ce qui concerne le personnel qui n'est pas de conduite mais qui est imputé au personnel de conduite ; il s'agit du personnel d'encadrement non imputé aux charges des structures déjà comptées par ailleurs. On peut notamment penser au chef d'équipe, au chef d'établissement traction, au responsable sécurité, au formateur. L'ensemble de ces charges comptent pour 41.972 €, c'est-à-dire presque autant que les charges directement imputées au conducteur.

## Le nombre de jours de service

Sur les 365 jours que compte l'année, la ventilation pourrait être la suivante :

Les 165 journées de service (selon l'information de la Direction régionale SNCF de PACA) ;

Les deux jours par semaine (souvent le samedi et le dimanche), soit 104 par an ;

Les congés payés, soit 28 jours par an (contre 25 jours dans la plupart des entreprises) ;

Les jours fériés ne tombant pas un dimanche (décret 99-1161), soit 10 jours par an en 2004 ;

L'absence pour maladie ou pour convenance personnelle autorisée, soit 12 jours ;

L'absence pour formation ou activité syndicale, soit 12 jours ;

Les journées de récupération (par exemple, suite à un travail le dimanche), soit 33 jours par an.

Pour les trois derniers points, il s'agit d'estimations et certains cas peuvent s'éloigner fortement de cette moyenne.

## Heures de conduite commerciale

On ne s'arrête pas au coût de la journée de service car ce qui intéresse les Régions, c'est le coût à l'heure de conduite commerciale. En effet, en tant qu'A.O., les Régions définissent la consistance de l'offre qui pour le voyageur se traduit par des fiches horaires. Ce que nous appelons heure de conduite commerciale est l'heure que l'on peut calculer à partir des fiches horaires. Les temps de parcours haut le pied, c'est-à-dire sans voyageurs sont des temps de conduite, mais pas des temps de conduite commerciale.

En s'appuyant sur l'information fournie par la Direction régionale SNCF de PACA, le temps de conduite commerciale serait de 4 h par jour en moyenne et par conducteur. Ainsi, le temps annuel de conduite commerciale par conducteur est en moyenne de  $165 \text{ js/an} \times 4 \text{ h/js} = 660 \text{ h}$ .

Au niveau de la Région, si on confronte le nombre d'heures de conduite commerciale ( $46.174 \text{ js/an} \times 4 \text{ h/js} = 184.696$ ) au nombre de trains x km produits (10.093.614), on obtient une vitesse de 55 km/h, ce qui est un ordre de grandeur tout à fait plausible en transport régional.

Sur les 7 heures que compte la journée de service, la ventilation pourrait être la suivante :

Temps de conduite commerciale de 4,0 h (selon l'information de la Direction régionale SNCF de PACA) ;

Temps préparatoires à la conduite (Prise de service, préparation, essai de freinage), soit 45 minutes ou encore 0,75 heure ;

Autres temps liés à la conduite (parcours haut-le-pied, retournements, changements de cabine), soit 0,75 h ;

Temps improductifs, c'est-à-dire les pauses mais aussi le « chômage technique » (certes la SNCF s'efforce d'optimiser les roulements mais moins le réseau est dense plus les temps morts sont nombreux), soit 1,5 heure.

Bien sûr, c'est aux seules 4 heures de conduite commerciale qu'il faut imputer le coût total de la journée de service estimé plus haut. L'heure de conduite commerciale est donc facturée :

$$540 / 4 = 135 \text{ € par heure de conduite commerciale en 2004}$$

### **1.1.3.3 Zoom sur les coûts d'accompagnement**

On suppose que le nombre de jours de service par an des agents d'accompagnement est le même que celui des conducteurs mais que le temps de contrôle à bord par contrôleur pendant une journée est un peu supérieur au temps de conduite commerciale par conducteur. La journée de service de 7 heures se décomposerait comme suit :

Temps en gare (prise de connaissance des instructions, information des voyageurs à quai, battements), soit 1 heure ;

Temps de contrôle à bord, soit 4,5 heures ;

Temps improductifs (pauses et chômage technique), soit 1,5 heure.

C'est aux seules 4,5 heures de contrôle à bord qu'il faut imputer le coût total de la journée de service estimé plus haut pour se rapprocher de l'heure de « fiche horaire ». L'heure de contrôle à bord est donc facturée :

$$320 / 4,5 = 71,11 \text{ € par heure de contrôle à bord et par agent en 2004}$$

Mais ce coût est à multiplier par le nombre de contrôleurs présents simultanément dans le train (s'il n'y a qu'un seul conducteur, il peut y avoir plusieurs contrôleurs). Le nombre de contrôleurs dans le TER Centre en 2004 est estimé à 1,234 (c'est le nombre qui permet d'avoir le même nombre d'heures de fiche horaire pour la conduite et pour le contrôle à savoir 184.711 heures de transport offertes aux voyageurs). C'est comme si dans 77 % des cas il n'y avait qu'un seul contrôleur et que dans 23 % des cas il y avait deux contrôleurs. D'où le prix de l'heure de contrôle à bord en moyenne :

$$71,11 \times 1,234 = 87,78 \text{ € par heure de contrôle à bord, en moyenne, en 2004.}$$

### **1.1.3.4 Zoom sur les coûts d'énergie thermique**

Il s'agit d'estimer la consommation spécifique (en litres aux 100 km) connaissant le prix au kilomètre et le prix du litre.

Les locomotives utilisent un gazole moins cher que les voitures. Au niveau du prix hors-taxes, il est meilleur marché car acheté en très grandes quantités directement au départ des raffineries. Au niveau des taxes, la différence provient du fait que le transport ferroviaire est dispensé de la TIPP, cette dernière servant au financement des routes.

	Diesel SNCF	Gazole
Hors toutes taxes	0,26	0,32
Taxes	0,12	0,50
Toutes taxes comprises	0,38	0,88

Source : SOeS – Les comptes des transports, annexe A6.5

Figure 9 Prix du litre de carburant en 2004

La SNCF récupérant la TVA c'est le prix hors toutes taxes que l'on retiendra, soit 26 centimes par litre.

Les dépenses d'énergie thermique étant facturées 52 centimes par train x km et le litre valant 26 centimes, la consommation spécifique en traction thermique est donc de  $52/26 = 2,0$  litres par km.

Il se pourrait que la consommation soit légèrement inférieure à 2 litres au km car le prix est peut-être légèrement supérieur à 26 centimes, la différence venant du coût de transport ferroviaire à prix coûtant du carburant depuis le dépôt des pétroliers jusqu'à l'atelier de la SNCF.

Au niveau national (donc y compris fret et autres activités voyageurs), la consommation spécifique moyenne était, en 2004, de 1,64 litre par km (Source : SNCF, rapport d'activité et d'écomobilité, 2007). Cet écart peut peut-être s'expliquer par le nombre d'arrêts par 100 km plus nombreux en transport régional qu'à longue distance.

### 1.1.3.5 Zoom sur les coûts d'énergie électrique

La donnée est inconnue. On retiendra un prix du kWh en 2004 supposé égal à 4,85 centimes d'euro HT c'est-à-dire à 85% du tarif vert A5 de base très longue utilisation (Source : banque de données PEGASE du ministère de l'écologie / SOeS). En fait, les choses sont plus compliquées et il faudrait prendre en compte non pas un tarif mais un panier de prix. En effet, en 2004, la SNCF possédait encore, à travers la SHERM, des barrages hydroélectriques dans les Pyrénées (773 MW de capacité répartis en 49 sites qui fournissaient environ le quart de l'énergie de traction).

Les dépenses d'énergie électrique étant facturées 69 centimes par train x km et le kWh valant 4,85 centimes par kWh, la consommation spécifique en traction électrique est donc de  $69/4,85 = 14,23$  kWh.

Au niveau national (donc y compris fret et autres activités voyageurs), la consommation spécifique moyenne était, en 2004, de 14,91 kWh par km (Source : Source : SNCF, rapport d'activité et d'écomobilité, 2007). Les ordres de grandeur sont donc tout à fait comparables,

comme si le phénomène de la fréquence des arrêts était compensé par un autre phénomène générateur de surconsommation, la vitesse.

#### 1.1.4. Estimations des coûts par unité d'œuvre en 2010 (France entière)

##### 1.1.4.1 Inflateurs multiples

Tous les biens et les tous les services n'ont pas connu la même variation des prix, si bien que pour obtenir des prix de 2010 à partir des prix de 2004, il nous faut prendre en compte de multiples indices d'évolution et non pas seulement l'indice habituel des prix à la consommation.

	Indice des prix à la consommation base 100 en 1998	Diesel : € par litre hors toutes taxes	Electricité : € pour 100 kWh hors taxes	Indice salaire moyen SNCF
2004	110,4	0,26	5,69	100,0
2005	112,4	0,38	5,69	103,9
2006	114,2	0,42	5,73	108,2
2007	115,9	0,42	5,81	112,3
2008	119,2	0,54	6,04	118,1
2009	119,3	0,35	6,51	122,4
2010	121,1	0,46	6,96	126,0
<b>Evolution 2010/2004</b>	<b>+10%</b>	<b>+76%</b>	<b>+22%</b>	<b>+26%</b>

Figure 10 Evolution des prix et des indices de 2004 à 2010

Source 1 : INSEE, indice annuel des prix à la consommation (ensemble des ménages, métropole, base 100 et 1998).

Source 2 : SOeS – Les comptes des transports 2009, annexe A6.5 de 2004 à 2007. De 2007 à 2010, on suppose que le prix hors-toutes taxes du Diesel SNCF suit celui du gazole.

Source 3 : SOeS – PEGASE, tarif vert A5 base, très longue utilisation. En pratique, la SNCF négocie de gré à gré avec EDF et complète son approvisionnement auprès d'autres fournisseurs tels qu'Electrabel (entreprise du groupe Suez qui a racheté la SHEM).

Source 4 : Rapport d'activité et d'écomobilité, 2007, 2008 et 2009.

Chaque poste de charge a un contenu différent en main-d'œuvre et en consommables. C'est donc un indice composite qu'il nous faudra retenir pour transformer les coûts unitaires de 2004 en coûts unitaires de 2010.

Poste de charge	Poids schématiques			Coefficients d'augmentation entre 2004 et 2010			Coefficient pondéré
	main-d'œuvre	énergie	autres	main-d'œuvre	énergie	autres	
Personnel de traction	100 %			1,26			1,26
Personnel d'accompagnement	100 %			1,26			1,26
Charges de capital du matériel	35 %		65 %	1,26		1,1	1,16
Maintenance du matériel	65 %		35 %	1,26		1,1	1,20
Electricité de traction		100 %			1,22	1,1	1,22
Energie thermique		100 %			1,76	1,1	1,76
Distribution des titres	40 %	10 %	50 %	1,26	1,22	1,1	1,18
Production des trains	40 %	10 %	50 %	1,26	1,22	1,1	1,18
Services en gare	40 %	10 %	50 %	1,26	1,22	1,1	1,18
Contribution de service DDG	40 %	10 %	50 %	1,26	1,22	1,1	1,18
Installations fixes en gares	40 %	10 %	50 %	1,26	1,22	1,1	1,18
Charges de structure nationale	65 %	0 %	35 %	1,26		1,1	1,20
Charges de structure régionale	65 %	0 %	35 %	1,26		1,1	1,20
Redevances RFF	35 %	0 %	65 %	1,26		1,1	1,16

Figure 11 Calcul les coefficients d'augmentation de 2004 à 2010, poste par poste

Finalement, les pourcentages d'augmentation des prix unitaires sont au nombre de cinq : 16%, 20%, 22%, 26% et 76%.

Si on retient le poids que représente chaque poste de charges dans le cas de la Région Centre en 2004, on obtient un pourcentage pondéré d'augmentation du prix au train x km de 21 % entre 2004 et 2010. Le prix que facture la SNCF est bien structurellement supérieur à l'inflation moyenne en raison du poids de la main-d'œuvre dans l'ensemble des charges.

Poste de charge	Prix en euros 2004	Coefficient d'augmentation entre 2004 et 2010	Prix en euros 2010
Traction	2,47	1,26	3,11
Accompagnement	1,61	1,26	2,03
Charges de capital	1,08	1,16	1,25
Maintenance	2,37	1,20	2,84
Energie <sup>5</sup>	0,67	1,34	0,90
Distribution des titres de transport	0,85	1,18	1,00
Production des trains	0,66	1,18	0,78
Services en gare	0,42	1,18	0,50
Contribution de service DDG	0,32	1,18	0,38
Installations fixes en gares	0,30	1,18	0,35
Charges de structure niveau national	0,85	1,20	1,02
Charges de structure niveau régional	0,50	1,20	0,60
Redevances RFF	3,66	1,16	4,25
<b>TOTAL</b>	<b>15,76</b>	<b>1,21</b>	<b>19,01</b>

Figure 12 Passage du prix kilométrique de 2004 au prix kilométrique de 2010

On note que le prix estimé pour 2010 de 19,01 € par train x km est inférieur au chiffre annoncé au point 1.1.1.1 de 21,35 € par train x km. Mais les chiffres ne sont pas tout à fait comparable, le plus petit correspondant plus à la structure des trafics en Région Centre qu'à une moyenne nationale. D'ailleurs, en 2009, quand le prix moyen était de 20,05 € par train x km au niveau national, le prix moyen en Région Centre n'était que de 17,48 € (Figures 2 et 3). L'écart relatif reste sensiblement constant ce qui permet de penser que notre reconstitution est correcte.

<sup>5</sup> Pour l'électricité, la dépense en 2004 était de 0,69 € par train x km qui multipliée par un coefficient d'augmentation de 1,22 conduit à une dépense en 2010 de 0,84 € par train x km. Pour le diesel, la dépenses en 2004 était de 0,52 € par train x km qui multipliée par un coefficient d'augmentation de 1,76 conduit à une dépense en 2010 de 0,91 € par train x km. Notons au passage que cette évolution différenciée rend l'électricité plus intéressante ce qui devrait conduire à réduire le nombre de circulations thermiques sous caténaire. On a néanmoins supposé que le poids de la traction électrique restait constante soit 88% des parcours (pour la Région Centre) : d'où une dépense moyenne de  $0,84 \times 0,12 + 0,91 \times 0,88 = 0,90$  € par train x km. En 2004, la dépense moyenne était de 0,67 € par train x km, soit une augmentation toutes énergies confondues de 34%. Notons au passage que le poids de la traction électrique est de 88% des parcours en Région Centre mais qu'au niveau national, elle n'est que de 55%, d'où un cout moyen pondérée de l'énergie un peu différent (88 centimes au lieu 90 centimes par train x km).



### 1.1.4.2 Grille pour l'établissement rapide des devis

Au terme de cette chaîne de calcul, on obtient une estimation des coûts des différentes unités d'œuvre en euros 2010.

Poste de charge	Unité d'œuvre	Coût unitaire en euros 2010
Personnel de traction	heure de conduite commerciale	170,1
Personnel d'accompagnement	heure de contrôle à bord (1)	89,6
Charges de capital du matériel	caisse	30 321
Maintenance du matériel	mille places x km offertes	7,37
Electricité de traction	train x km traction électrique	0,84
Energie thermique de traction	train x km traction thermique	0,92
Distribution des titres de transport	voyageurs	0,40
Production des trains	trains	57,88
Services en gare	voyageurs	0,19
Contribution de service DDG	voyageurs	0,15
Installations fixes en gares	train x km	0,35
Charges de structure nationale	train x km (2)	1,02
Charges de structure régionale	train x km (3)	0,60
Redevances RFF	train x km	4,23

<sup>(1)</sup> A multiplier par le nombre de contrôleurs simultanément à bord

<sup>(2)</sup> Peut être remplacé par 7,9 % du total des charges hors péages

<sup>(3)</sup> Peut être remplacé par 4,6 % du total des charges hors péages

**Figure 13** Estimation du coût des unités d'œuvre pour le TRF en 2010

Pour établir un devis rapide, il reste à multiplier cette grille des coûts par unité d'œuvre par celle donnant le nombre d'unités d'œuvre pour chaque poste de dépense.

Si le remplacement de l'unité « train x km » par une batterie d'indicateurs (les unités d'œuvre) représente un progrès, on reste néanmoins avec des valeurs moyennes. C'est pourquoi, il faut être prudent lorsqu'on voudra établir un devis : très prudent au niveau d'une ligne donnée et un peu moins prudent au niveau d'une Région entière en raison d'une certaine compensation entre lignes.

De plus, il convient de prendre une série de précautions avant de procéder à cette multiplication. En effet, on s'est efforcé de tenir compte de l'évolution des prix entre 2004 et

2010, mais d'autres paramètres ont aussi évolué durant cette période. Nous en retiendrons quatre :

- Concernant les charges de capital. Les Régions financent depuis une dizaine d'année le matériel roulant à près de 100%. Par exemple, en 2008, les chiffres étaient respectivement de 1.034 M€ pour les Régions contre seulement 117 M€ pour la SNCF (source : rapport Grignon, page 34). Si bien qu'aujourd'hui la part du parc financée par la SNCF est de plus en plus faible (la question de la propriété est une autre question). De plus, en 2010, la taxe professionnelle a été remplacée par l'IFER. Pratiquement, il faudra éliminer le poste en question puis le recalculer en fonction du parc effectivement en service (et faire des hypothèses sur le taux d'intérêt, la durée de vie du matériel et son prix d'acquisition).
- Concernant les charges de production des trains. La modernisation du matériel roulant s'est faite au profit des rames réversibles et au détriment des rames tractées, si bien que les coûts de formation des trains, et plus particulièrement des manœuvres pour passer la locomotive d'une extrémité de la rame à l'autre, ont normalement eu tendance à diminuer. A cette tendance, s'ajoutent des évolutions locales. Par exemple, sur Colmar-Metzeral, en 2009 il y avait trois compositions différentes au cours de la journée (rame de 3 éléments 73500, rame de 2 éléments, rame d'un seul élément) mais en 2010, il n'y avait que des rames de 2 éléments. Le temps de préparation des rames est donc encore plus réduit.
- Concernant les charges d'infrastructure. RFF a mis en place un nouveau barème fin 2009. Ce barème ne contient plus de DRAG (droit pour arrêt en gare) qui pénalisait les TER, (les TER s'arrêtant fréquemment). Pratiquement, il faudra éliminer le poste en question puis le recalculer en fonction du nouveau barème. Par exemple, en ce qui concerne le tronçon Colmar-Metzeral qui est classé « E », on calcule un droit de réservation qui tient compte de la tranche horaire et un droit de circulation qui ne tient compte que du total des trains x km offerts. Pour mémoire, il existe aussi un droit d'accès actuellement réglé directement par l'Etat à RFF, mais les choses pourraient évoluer.

	Nombre trains x km
Heures creuses	0
Heures normales	75 418
Heures intermédiaires	94 123
Heures de pointe	99 752
<b>TOTAL</b>	<b>269 293</b>

Figure 14 Nombre de trains x km selon les périodes horaires

- Concernant les charges de structure, elles incluent maintenant de manière explicite une rémunération de l'exploitant (à hauteur d'environ 3,5 % des charges dites C1, c'est-à-dire des charges qui ne sont pas des refacturations). Ce profit correspond, pour partie à un risque, celui pour la SNCF de voir sa facture réduite du montant du malus.

Pour toutes ces raisons, ce n'est pas cette méthode qui sera retenue pour l'étude de cas. On partira non pas de données moyennes nationales, mais d'estimations très détaillées et qui correspondent aux spécificités du cas étudié.

## 1.2. EXAMEN DES POSSIBILITES DE REDUCTION DES COÛTS DU TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL

### 1.2.1 Retours d'expérience

Il nous a été donné :

De suivre l'expérimentation de l'autorail léger entre Carhaix et Guingamp ainsi qu'entre Guingamp et Paimpol à partir de 1990 et de suivre l'expérience allemande d'ouverture à la concurrence depuis 1995 (voir annexe n°1) ;

De nous rendre, au cours de l'année 2011, en Suisse pour observer les chemins de fer du Jura, au Danemark pour observer les chemins de fer du Jutland et en Espagne pour observer le chemin de fer de Carthagène (voir annexe n°3).

Malgré nos demandes répétées, on ne dispose pas toujours de données relatives à la productivité du personnel et au prix du train x km. De plus, il est difficile de s'assurer qu'en confrontant ces chiffres avec les chiffres correspondants de la SNCF, on compare bien des choses comparables (on a vu qu'avec le même transporteur, les prix pouvaient varier de moins de 15 à plus de 26 € par train x km selon la Région concernée). C'est pourquoi, on restera à un niveau qualitatif.

En ce qui concerne les chemins de fer du Jutland, on a pu extraire du compte-rendu de mission quelques facteurs :

a/ favorables à une certaine compression des charges

Un seul agent à bord (à savoir 1 conducteur et 0 agent d'accompagnement) avec toutefois des contrôles aléatoires des billets ;

Aucun agent pour la vente des billets qui s'effectue soit par correspondance (abonnements) soit par automates (à quai et embarqués<sup>6</sup>) ;

Entretien soigné des voies atténuant l'usure des voies et du matériel roulant ;

Passages à niveau à fermeture conditionnelle qui sont bien moins coûteux que les passages à niveau classiques ;

Haltes et gares avec abris, borne d'arrêt à la demande, et système d'information ;

Absence de bâtiments voyageurs (les anciens BV sont donnés en location à des commerçants).

---

<sup>6</sup> Le coût de distribution des titres de transport en France apparaît démesuré (de l'ordre de 8% du total des recettes). Ceci s'explique par la complexité tarifaire, mais aussi par le type de machines de vente excessivement sophistiquées (justement pour traiter cette tarification très complexe). Cette situation empêche l'implantation raisonnable d'automates dans les trains alors que c'est la solution la plus pertinente, celle utilisée dans presque toute l'Europe.

b/ favorables à une certaine expansion des recettes

Amplitude large (depuis 5/6 h jusqu'à 22/23 h) ;

Fréquence élevée (un train chaque heure voire 30 minutes sur les troncs communs) ;

Vitesse soutenue en dépit des inter-stations courtes par la pratique de l'arrêt facultatif aux haltes;

Qualité des correspondances (la porte de l'autocar se trouve à quelques dizaines de mètres de la porte du train).

En ce qui concerne le chemin de fer de Carthagène, pourtant éloigné du précédent, on rencontre la même approche. C'est-à-dire qu'il n'y a rien de trop et que la structure est légère ; ainsi les coûts de fonctionnement sont réduits. Ce qui n'empêche pas que la qualité soit très correcte : voie qui se caractérise par un ballast épais et un travelage serré, fréquence qui atteint 22 départs par jour et par sens.

En ce qui concerne les chemins de fer du Jura, on a pu extraire du compte-rendu de mission quelques facteurs :

a/ favorables à une certaine compression des charges

Durée hebdomadaire du travail de 41 h ;

Retraite à 65 ans ;

Polyvalence :

les conducteurs assurent la propreté de leurs trains (opérations simples et manuelles) et participent aux opérations de contrôle aléatoire.

5 agents de maintenance, sur un total de 27, sont occasionnellement conducteurs.

b/ favorables à une certaine expansion des recettes

Amplitude large (en général de 5h30 à 22h15 soit près de 17 heures) ;

Fréquence soutenue : minimum de 14 départs par sens mais on atteint 30 départs par sens entre Tramelan (4.300 habitants) et Tavannes (3.900 habitants) ;

Desserte cadencée (qui permet la mémorisation des horaires) ;

Offre maintenue les dimanches et jours fériés (réduction des fréquences limitée à 15 / 20 %).

Au terme de cette tournée en Europe, il notamment apparu que certains réseaux ferroviaires utilisent des systèmes de signalisation autres que ceux utilisés par la SNCF sans pour autant connaître une dégradation du niveau de sécurité. Ces systèmes, adaptés aux lignes à voie unique, conduisent à des réductions de coût importantes (voir annexe 3.5):

- ⇒ Les blocks automatiques lumineux pour voie unique avec commande centralisée utilisés en Espagne par exemple sur les lignes exploitées par la FEVE dans la zone cantabrique permettent une économie significative au niveau de l'investissement par rapport à ce qui est utilisé en France ;
- ⇒ Les blocks automatiques lumineux décentralisés utilisés en Suisse sur le réseau CJ présentent aussi un avantage économique par rapport à ce qui se fait en France dans la mesure où ils évitent la présence d'agents sédentaires pour assurer les fonctions de sécurité et la présence permanente d'agents au PCC.

Finalement, il ne semble pas que le niveau des salaires, de la qualité du service et de la sécurité soient moindres dans les réseaux visités qu'à la SNCF. Les différences entre l'opérateur historique français et les autres exploitants se situent plutôt aux niveaux suivants:

- ⇒ Productivité globale du personnel faible (vie active courte, nombre de jours de service par an faible, nombre d'heures productives par jour faible notamment en raison d'un manque de polyvalence) ;
- ⇒ Charges d'encadrement et de structure importantes rapportées au nombre de trains x km produits;
- ⇒ Charges spécifiques à la SNCF (exemple : charges patronales élevées par rapport au droit commun).

## 1.2.2 Estimation de l'impact de certaines mesures sur le coût total

L'exercice qui suit porte sur le cas de la Région Centre pour lequel on dispose du détail des coûts, mais le principe ne serait pas différent dans les autres Régions.

Quelle réduction du coût total attendre de la suppression des contrôleurs, d'une augmentation du nombre d'heures de conduite, d'une réduction des charges de structure ? La question n'est pas de savoir si c'est souhaitable<sup>7</sup>, et -si oui- si c'est faisable, mais de montrer qu'il est possible de mener à bien de telles simulations, puisqu'on connaît le poids des contrôleurs, le poids des conducteurs et le poids des charges de structure dans le coût total.

On pourrait attendre d'une augmentation du nombre de jours de service par an du personnel roulant de 20% couplée à une augmentation de la polyvalence des conducteurs qui permettrait de réduire le chômage technique d'environ une heure par jour (cette heure serait, par exemple, employée à effectuer de la maintenance légère ce qui réduirait les coûts d'entretien du matériel roulant), une augmentation du nombre d'heures productives qui passeraient de  $165 \times 4 = 660$  à  $198 \times 5 = 990$ , soit une augmentation de 50% ! Les charges par heure passeraient donc de  $X/660$  à  $X/990$  soit une réduction de 33%. Le gain par train x km atteindrait alors 1,04 €.

On pourrait attendre de la suppression de 80% des agents d'accompagnement (les 20% restants constituant des brigades volantes de contrôle) un gain de 1,62 € par train x km. Notons, au passage, que cette mesure n'a pas été retenue pour l'étude de cas (voir phase 4).

On pourrait attendre de la réduction des charges de structure qui passeraient de 12,50% à 6,25%, un gain de 81 centimes par train x km.

---

<sup>7</sup> A titre d'information, il nous a paru intéressant de donner le point de vue de la FNAUT : « Une présence humaine à bord des TER est coûteuse, mais elle est généralement nécessaire. Le rôle de l'agent d'accompagnement est multiple : en tant qu'agent commercial, il doit informer les voyageurs sur les tarifs, retards et correspondances (en particulier en cas de situation perturbée) ; en tant que chef de train, il veille à la sécurité des voyageurs, donne le départ du train et intervient en cas d'arrêt du train en pleine voie ; en tant que « surveillant » du train, responsable de la sûreté des personnes, il doit réprimer les incivilités et alerter la police si nécessaire, sa présence rassure le voyageur. Il faut évidemment que l'agent d'accompagnement effectue correctement son travail. Or les voyageurs constatent souvent que le contrôleur est invisible ou qu'après un passage rapide dans les voitures, il se réfugie dans la cabine de conduite : en Suisse, le contrôleur circule sans cesse dans le train pour vérifier les billets et surveiller ou aider les voyageurs. La FNAUT estime cependant que la circulation d'un train à agent seul (le conducteur) est acceptable : pour les RER et Transilien, c'est le cas depuis longtemps ; pour les trams-trains (Mulhouse-Thann, Nantes-Clisson et bientôt les lignes de l'Ouest lyonnais) ; sur les lignes rurales à faible trafic, dont l'équilibre économique est fragile et la pérennité mal assurée (un train exploité à agent unique est préférable à un autocar à agent unique soumis aux aléas et danger du trafic routier). Le contrôle des billets doit alors être effectué par des brigades, comme en transport urbain. Le conducteur peut faire lui-même les annonces aux voyageurs, comme dans les métros, RER et autocars : les commandants de bord en font bien dans les avions ! Enfin, si exceptionnellement, le contrôleur absent au départ d'un TER n'est pas remplacé, le train doit partir quand même dès lors qu'il est équipé correctement (fermeture automatique des portes, vidéosurveillance).

Poste de charge	€ par train x km en 2010 avant mesure	Impact de la mesure	€ par train x km en 2010 après mesure
Traction	3,11	-1,04	2,07
Accompagnement	2,03	-1,62	0,41
Charges de capital	1,25	0	1,25
Maintenance	2,84	0	2,84
Energie	0,90	0	0,90
Distribution des titres de transport	1,00	0	1,00
Production des trains	0,78	0	0,78
Services en gare	0,50	0	0,50
Contribution de service DDG	0,38	0	0,38
Installations fixes en gares	0,35	0	0,35
Charges de structure niveau national	1,02	-0,51	-0,51
Charges de structure niveau régional	0,60	-0,30	-0,30
Redevances RFF pour l'infrastructure	4,25	0	4,25
<b>TOTAL</b>	<b>19,01</b>	<b>-3,47</b>	<b>13,90</b>
TOTAL hors péages	14,77	-3,47	9,65
<b>TOTAL hors péages et hors acquisition de matériel roulant</b>	<b>13,52</b>	<b>-3,47</b>	<b>8,40</b>

Figure 15 Impact sur le coût kilométrique de quatre mesures de réductions des charges

Le cumul de ces quatre mesures conduirait à une réduction des charges totales de 3,47 € par train x km, sachant qu'on ne modifie ni la rubrique « charges de capital du matériel roulant » (qui sont financées par les Régions) ni la rubrique « redevances d'infrastructure » (qui sont refacturées par la SNCF aux Régions à l'euro l'euro).

La réduction ainsi présentée atteint 18% du prix total, mais 23% du prix hors péages et 26% du prix hors péage et hors acquisition du matériel roulant.

On notera qu'il n'est pas question dans cette simulation de « dumping social » puisque le niveau des salaires, des primes et des taux de cotisations sociales restent inchangés. Seules des mesures d'augmentation de la productivité sont envisagées.



### 1.2.3 Construction de scénarios

L'objet de la recherche n'est pas de répondre à toutes les questions que pose l'ouverture (on se reportera pour cela au rapport Grignon) mais seulement d'estimer l'impact de cette ouverture sur les consommations d'énergie et les émissions de carbone. Les négociations n'ayant pas abouti à ce jour, on retiendra une fourchette de réduction des coûts de la SNCF, un plancher plausible de réduction et un plafond plausible de réduction, puis on mènera deux fois les calculs d'impact.

#### 1.2.3.1 Réduction « plancher »

On retient une réduction de 10% des coûts comme réduction minimum en s'appuyant sur la déclaration de M. Farandou (Direction « PROXIMITES » de la SNCF) publiée dans VR&T du 15 juin 2011 : « *La concurrence est acceptable dès lors qu'elle est équitable pour la SNCF... L'objectif de la SNCF est de perdre le moins de parts de marché. Pour cela, il faut aligner les conditions de travail de tous, salariés du privé et cheminots. Nous sommes fermes sur ce sujet car les coûts salariaux sont importants : ils représentent 60% des coûts de production du service. L'amplitude horaire, les repos, les pauses... nécessitent un socle social harmonisé. Nous ne demandons pas pour autant l'application du RH0077 qui date de 1999. Il peut évoluer dès lors que l'on garde des règles sociales de bon niveau puisqu'elles concernent le service public avec de fortes exigences de sécurité* ».

Aucun chiffre n'est avancé par M. Farandou, mais on peut supputer que la réduction sera faible. C'est pourquoi nous retenons un taux de 10% seulement. Ces 10% s'entendent par rapport à ce qui relève de la SNCF, donc hors péages et hors matériel roulant.

Il convient donc d'abord d'estimer le prix du train x km en 2010 hors péages et hors matériel roulant. On connaît le prix tout compris qui est de 21,35 € par train x km. Les charges d'investissement (matériel et infrastructure) peuvent être estimées à 4,86 € par train x km en moyenne au niveau de l'ensemble du TER en s'appuyant sur les données suivantes :

Poste de charge	€ par train x km en 2010
Charges de capital matériel roulant	1,25
Péages infrastructure	3,61
<b>TOTAL A DEDUIRE DES CHARGES DU TRANSPORTEUR</b>	<b>4,86</b>

Source : Tableau précédent pour les charges de capital<sup>8</sup> et RFF pour les péages (Figure 5).

Figure 16 Charges fixes ne relevant pas du transporteur

<sup>8</sup> Montant peu significatif (voir paragraphe 1.1.4.2).

D'où un prix imputable à l'exploitant de :

$$21,35 - 4,86 = 16,49 \text{ € par train x km}$$

Le montant de la réduction est donc de :

$$16,49 \times 10\% = \mathbf{1,65 \text{ € par train x km}}$$

### 1.2.3.2 Réduction « plafond »

On retient une réduction de 30% des coûts comme réduction maximale en s'appuyant sur une étude comparative proposée à l'automne 2010 par la SNCF à une centaine de cadres de la branche « PROXIMITES » et dont le quotidien Les Echos s'est fait l'écho le 24 février 2011. Cette étude s'appuie sur ce qui se pratique au Royaume-Uni, en Suisse, en Suède, aux Pays-Bas et en Allemagne.

Selon cette étude, l'écart s'explique par :

- Le cadencement qui facilite l'exploitation ;
- Un matériel roulant plus homogène ;
- Une durée de travail plus longue ;
- Une polyvalence plus grande ;
- La non présence systématique de contrôleurs ;
- Le caractère sédentaire des conducteurs (en France, les nuitées donnent lieu à des indemnités).

Elle conclut que le TER « *aurait 30% d'écart sur les coûts de production* ». Ces 30% s'entendent, là aussi, par rapport aux seuls coûts de production de la SNCF c'est-à-dire hors péages et hors matériel roulant.

Le montant de la réduction est alors de :

$$16,49 \times 30\% = \mathbf{4,95 \text{ € par train x km}}$$

Finalement, la fourchette de réduction serait comprise entre 1,65 et 4,95 € par train x km.

## 2<sup>ème</sup> phase –

# Impact de la réduction des coûts sur la fréquentation du transport ferroviaire



## 2.1 EXAMEN DES POLITIQUES ENVISAGEABLES

### 2.1.1 Vue d'ensemble des choix possibles

Pour les Régions, différentes politiques sont possibles. Pour ne retenir que deux orientations très contrastées, on peut imaginer que :

- Les économies sont utilisées dans les autres secteurs de compétence des Régions (la construction de lycées, par exemple) ou bien pour réduire les impôts (baisse de la TIPP ou baisse de la taxe sur les cartes grises, par exemple) ;
- Aux économies réalisées s'ajoutent le produit de nouvelles ressources : augmentation des dotations de l'Etat, augmentation de la partie de la TICPE (l'ex-TIPP), transférée aux Régions, internalisation des coûts externes, versement aux Régions d'une partie du versement transport et/ou des péages et/ou de la taxe sur les poids lourds.

Mais dans un sens ou dans l'autre, ces politiques ne sont pas liées à l'ouverture à la concurrence et peuvent être décidées sans elle. Il nous faut retenir une politique « neutre ». C'est pourquoi on retiendra la position suivante : les Régions plafonnent la subvention d'équilibre à sa valeur actuelle en euros constants<sup>9</sup> et les économies réalisées suite à la baisse des coûts du transporteur sont intégralement réinvesties dans l'amélioration du service ferroviaire.

Le point qui reste à traiter est celui de l'utilisation de ces économies : augmenter le nombre de trains x km ou pour procéder à d'autres améliorations (amélioration de l'accueil dans les gares et dans les trains, réduction du prix supporté par la clientèle en général ou certaines clientèles plus défavorisées, etc.). On peut aussi imaginer une combinaison de plusieurs mesures : par exemple, une augmentation des trains x km de 30 % et une baisse des tarifs de 20 %.

---

<sup>9</sup> 2.045 M€ (Source : SNCF PROXIMITES).

## 2.1.2 Choix d'une mesure unique

Tout ne pourra pas être traité dans le cadre de cette recherche qui met volontairement l'accent sur les trains x km.

Rappelons qu'en Suisse, par exemple, c'est une ordonnance qui fixe le nombre minimum de paires de courses à la cadence horaire qui doit être fournie en matière de transport régional de voyageurs (OITRV du 11 novembre 2009, section 3, article 7).

Ce choix d'augmenter l'offre est cohérent avec les perspectives d'augmentation du prix du pétrole qui mettront les ménages installés dans les zones périurbaines en grande difficulté. On verra qu'il est toutefois bien moins ambitieux que celui qui correspond à la réflexion « TER fois 4 » menée par la SNCF en 2009.

Quel volume d'offre les Régions pourraient-elles obtenir en cas d'ouverture à la concurrence avec les fonds disponibles qui s'élèvent pour 2010 à :

participations de voyageurs : 969,5 M€ ;

compensations tarifaires : 377,7 M€ ;

subvention d'équilibre : 2.044,7 M€ ;

soit un total de 3.319,9 M€ (Source : SNCF PROXIMITES).

La facture que peut présenter la SNCF ou l'ensemble constitué par la SNCF et les nouveaux entrants ne peut donc pas dépasser 3.319,9 M€ qui est le coût du service aujourd'hui.

En cas d'ouverture à la concurrence,

### ■ Scénario 1

La réduction étant estimée à 1,65 € par train x km, le prix passe de 21,35 à 19,70 € par train x km. A ce tarif-là, et avec la somme disponible, on peut produire<sup>10</sup> :

$$3.319,9 / 19,70 = 172,2 \text{ millions de trains x km}$$

### ■ Scénario 2

La réduction étant estimée à 4,95 € par train x km, le prix passe de 21,35 à 16,40 € par train x km. A ce tarif-là, et avec la somme disponible, on peut produire :

$$3.319,9 / 16,40 = 206,8 \text{ millions de trains x km}$$

Rappelons qu'aujourd'hui, qui sert de situation de référence, l'offre est de 158,9 millions de trains x km.

---

<sup>10</sup> Fallait-il retenir le coût marginal ou le coût moyen de production des trains x km ? C'est le coût moyen hors investissement (infrastructure et matériel roulant) qui a été retenu. Certes dans ce coût il reste des charges fixes et notamment les charges de structure (régionale et nationale) qui peuvent rester constantes en cas d'augmentation des trains x km. Mais en fait ce phénomène n'est vrai d'une part, que pour des petites variations de l'offre ce qui n'est pas le cas ici et surtout dans le scénario 2 et d'autre part, que pour la SNCF et non pour les nouveaux entrants qui doivent mettre en place une structure si légère soit elle.

Avec ouverture à la concurrence, l'augmentation de la production est donc :

de  $172,2 - 158,9 = 13,3$  millions de trains x km soit + 8,31 % dans le scénario « - 10% » ;

de  $206,8 - 158,9 = 47,9$  millions de trains x km soit + 30,8 % dans le scénario « - 30% ».

	unité	Scénario - 10%	Scénario - 30%
prix SNCF 2010	€ par train x km	21,35	21,35
à déduire acquisition matériel	€ par train x km	-1,25	-1,25
à déduire péages	€ par train x km	-3,61	-3,61
prix SNCF 2010 après déductions	€ par train x km	16,49	16,49
réduction en valeur relative		- 10 %	- 30 %
réduction en valeur absolue	€ par train x km	-1,65	-4,95
nouveau prix sans matériel et sans péage	€ par train x km	14,84	11,54
<b>nouveau prix avec matériel et avec péage</b>	<b>€ par train x km</b>	<b>19,70</b>	<b>16,40</b>
ventes de titres aux voyageurs	M€	969,5	969,5
compensations tarifaires	M€	377,7	377,7
subvention d'équilibre	M€	2.044,7	2.044,7
<b>total budget disponible 2010</b>	<b>M€</b>	<b>3.391,9</b>	<b>3.391,9</b>
production possible de trains x km	Millions trains x km	172,17	206,78
production actuelle de trains x km	Millions trains x km	158,90	158,90
différence absolue	Millions trains x km	13,27	47,88
différence relative		8,3%	30,1%

Figure 17 Calcul du nombre de trains x km pouvant être produits à budget donné

Mais il s'agit là d'une augmentation de l'offre sans prise en compte de l'impact de cette augmentation sur la fréquentation et donc sur les recettes sachant que les recettes supplémentaires permettront, tout en restant à budget constant, d'augmenter encore l'offre.

## 2.2 ESTIMATION DE L'ELASTICITE DE LA DEMANDE A L'OFFRE

### 2.2.1 Valeur apparente de l'élasticité

Le calcul de l'élasticité de la demande mesurée en voyageurs x km par rapport à l'offre mesurée en trains x km lorsqu'on compare l'année 2009 à l'année 2008 conduit à retenir une valeur de 0,5. Ne peut-on pas penser que les périodes prises en considération sont trop courtes et que ce sont les efforts faits en t-1 qui portent leurs fruits l'année t. D'où l'idée de prendre en compte une période plus longue et comparer 2009 non plus à 2008 mais, par exemple, à 2002 qui est l'année du transfert des compétences en matière de transport ferroviaire régional aux Régions. La loi d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire (dite LOADT) du 4 février 1995 et la loi du 13 février 1997 permettent la mise en place de la régionalisation à titre expérimental dans sept Régions mais il a fallu attendre la loi relative à la solidarité et au renouvellement urbain (dite SRU) pour que les Régions soient pleinement reconnues comme autorités organisatrices des déplacements régionaux (AOT) à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2002.

	2008	2009	Evolution de 2008 à 2009
Millions voyageurs x km	12.716	12.864	1,2 %
Millions trains x km	160,8	164,5	2,3 %
<b>Elasticité</b>			<b>0,5</b>

Source : SNCF PROXIMITES

Figure 18 Calcul de l'élasticité de la demande à l'offre sur courte période

	2002	2009	Evolution de 2002 à 2009
Millions voyageurs x km	9.145	12.864	41 %
Millions trains x km	137,8	164,5	19 %
<b>Elasticité</b>			<b>2,1</b>

Source : SNCF PROXIMITES

Figure 19 Calcul de l'élasticité de la demande à l'offre sur longue période

Sur une période de 7 ans, qui gomme des décalages entre l'amélioration de l'offre et la réponse de la demande, les élasticités sont encore plus élevées (2,1 contre 0,5).



## 2.2.2 Valeur de l'élasticité toutes choses égales par ailleurs

L'hypothèse que l'on avance maintenant est que la fréquentation ne dépend pas seulement de l'offre de transport ferroviaire régional, mais aussi du nombre d'habitants, de leur pouvoir d'achat, du rapport entre le prix du mode ferroviaire et le prix du mode de transport concurrent, etc. C'est pourquoi les élasticités précédentes sont qualifiées d'apparentes.

La mise en place du cadencement explique peut-être aussi une part de l'augmentation du trafic, mais il est trop tôt pour le dire car s'il a été mis en place en 2008 en Rhône-Alpes, il reste encore à l'état de projet dans beaucoup de Régions (voir l'article de François Dumont dans VR&T du 20/04/2011).

Finalement, on retiendra une valeur de 0,905, c'est-à-dire une élasticité bien inférieure à l'élasticité apparente mesurée plus haut. Maintenant, à une augmentation du volume des trains x km de 10%, correspond une augmentation du trafic de 9% toutes choses égales par ailleurs.

Les auteurs ont construit un modèle liant le trafic comme variable à expliquer aux variations de l'offre (en trains x km) en tenant compte de l'impact des évolutions du prix du carburant et des PIB régionaux. L'estimation croise 20 Régions et 8 années (de 2001 à 2008). Le  $R^2$  est de 0,99.

Variables	Coefficient	T de Student
Log (Trains x km)	<b>0,905</b>	8,81
Log (PIB régionaux)	0,443	1,72
Log (Prix du carburant)	0,500	6,70
AR(1)	0,460	5,29
Constante	-6,809	-2,42

Source : Didier ROUCHAUD (MEDDTL/CGDD/SEEI/MA2). L'étude a été publiée par le SEEIDD en décembre 2010 dans « Les comptes transports en 2009 (tome 2) - Evaluation de la politique de développement de l'offre de transports collectifs régionaux de voyageurs. »

Figure 20 Elasticités du trafic à l'offre, au PIB et au prix du carburant

NB : Le terme AR(1) est un terme autorégressif qui permet de corriger l'auto-corrélation des résidus.

## 2.3 ESTIMATION DU NOMBRE DE VOYAGEURS X KM SUPPLEMENTAIRES

### 2.3.1 Prise en compte de la recette moyenne

Ainsi, à une augmentation de l'offre de 8,3 % (scénario -10%) correspondant une augmentation du trafic de  $8,3 \times 0,905 = 7,6$  % et à une augmentation de l'offre de 30,1 % (scénario -30%) correspond une augmentation du trafic de  $30,1 \times 0,905 = 27,3$  %.

Le trafic TER pour l'année 2010 est estimé à 12,89 milliards de voyageurs x km (Source : SNCF PROXIMITES). On peut donc attendre de l'augmentation de l'offre une augmentation du trafic de :

$$12,89 \times 0,076 = 0,98 \text{ milliard de v.km (scénario -10\%)}$$

$$12,89 \times 0,273 = 3,52 \text{ milliards de v.km (scénario -30\%)}$$

A ces augmentations de trafic correspondent des augmentations de recettes. Il faut donc faire une hypothèse sur le produit moyen. Comme précédemment, on retient un produit moyen de 10,45 centimes par v.km<sup>11</sup>.

Ce chiffre correspond à la structure de la demande actuelle, c'est-à-dire à une certaine proportion de tarifs sociaux et de tarifs commerciaux. A l'avenir, il se pourrait que le poids de la clientèle utilisant des tarifs commerciaux (pour lesquels le produit est en moyenne deux fois plus élevé que le produit des tarifs sociaux) soit plus important. En effet, les trains x km supplémentaires porteront sur toutes les tranches horaires, mais proportionnellement plus sur les périodes hors pointes. La clientèle de ces heures hors pointe est composée de personnes qui sont proportionnellement moins porteuses d'abonnements que les personnes qui voyagent pendant les périodes de pointe. Sans augmentation des tarifs, par simple effet de structure, on pourrait aboutir à une hausse du produit moyen de 1 centime si, à la limite, aucun abonné ne figurait dans la clientèle supplémentaire. On gardera toutefois le chiffre de 10,45 centimes seulement par souci de ne pas risquer de surestimer le gain environnemental final.

Les recettes supplémentaires sont alors estimées à :

$$0,98 \times 0,1045 = 102,4 \text{ M€ dans le scénario -10\% ;}$$

$$3,52 \times 0,1045 = 367,8 \text{ M€ dans le scénario -30\%}.$$

---

<sup>11</sup> Pour l'année 2010, les recettes compensations comprises sont de  $969,5 + 377,7 = 1347,2$  M€ à rapporter à un trafic de 12,89 milliards de v.km, soit un produit moyen de 10,45 centimes par v.km (Source : SNCF PROXIMITES).

### 2.3.2 Prise en compte du cercle vertueux

Ces sommes vont être réinvesties dans l'amélioration de l'offre :

$102,4 / 19,70 = 5,2$  millions trains x km supplémentaires seront créés dans le scénario 1 ;

$367,8 / 16,40 = 22,4$  millions trains x km supplémentaires seront créés dans le scénario 2.

Et ainsi de suite, ces trains x km supplémentaires vont attirer de nouveaux voyageurs, de nouvelles recettes. On arrête toutefois le processus quand le gain en v.km est inférieur à 1 million.

#### Scénario -10%

Itération	Trains x km supplémentaires	Millions V.km supplémentaires	Recettes supplémentaires en M€
1	13 267 600	974	101,8
2	5 167 227	377	39,4
3	1 997 706	145	15,2
4	770 197	56	5,8
5	296 628	21	2,2
6	114 195	8	0,9
7	43 955	3	0,3
8	16 918	1	0,1
<b>Total</b>	<b>21 674 425</b>	<b>1 586</b>	<b>165,8</b>

Figure 21 Cercle vertueux, scénario -10%

Ainsi dans ce scénario, par rapport à la situation sans ouverture :

la production supplémentaire atteint 21,7 millions de trains x km qui s'ajoutent aux 158,9 millions soit une production totale de 180,6 millions de trains x km ;

la clientèle supplémentaire atteint 1,6 milliard de v.km qui s'ajoutent aux 12,9 milliards, soit un total de 14,5 milliards de v.km.

Scénario -30%

Itération	Trains x km supplémentaires	Millions V.km supplémentaires	Recettes supplémentaires en M€
1	47 879 608	3 515	367,4
2	22 396 080	1 608	168,1
3	10 245 509	729	76,2
4	4 643 488	329	34,4
5	2 095 975	148	15,5
6	944 370	67	7,0
7	425 154	30	3,1
8	191 335	14	1,4
9	86 093	6	0,6
10	38 736	3	0,3
11	17 428	1	0,1
<b>Total</b>	<b>88 963 776</b>	<b>6 449</b>	<b>674,1</b>

Figure 22 Cercle vertueux, scénario -30%

Ainsi dans ce scénario, par rapport à la situation sans ouverture :

- la production supplémentaire atteint 89,0 millions de trains x km qui s'ajoutent aux 158,9 millions soit une production totale de 247,9 millions de trains x km ;
- la clientèle supplémentaire atteint 6,4 milliards de v.km qui s'ajoutent aux 12,9 milliards, soit un total de 19,3 milliards de v.km.

Récapitulons.

Avec l'ouverture à la concurrence, l'offre serait plus importante de 14 % à 56 % que sans concurrence. Quant au trafic, il serait de 12 % à 50 % plus importante que sans concurrence. La différence est significative. Elle ne conduit toutefois pas au quadruplement envisagé par la SNCF lors de son exercice de prospective « TER fois 4 ».

	unité	Scénario - 10%	Scénario - 30%
<i>Offre</i>			
Sans ouverture	Millions trains x km	158,9	158,9
Avec ouverture	Millions trains x km	180,6	247,9
<b>Evolution</b>		<b>14%</b>	<b>56%</b>
<i>Demande</i>			
Sans ouverture	Millions voyageurs x km	12 890	12 890
Avec ouverture	Millions voyageurs x km	14 476	19 339
<b>Evolution</b>		<b>12%</b>	<b>50%</b>

Figure 23 Comparaison des deux scénarios du point de vue de l'offre et de la demande

Avant de clore cette deuxième partie, deux précisions doivent être apportées :

1 – La clientèle et la production de trains x km évoluent quasiment parallèlement. On ne retient pas l'hypothèse d'une augmentation du taux moyen d'occupation des trains. Il y a pourtant de la marge quand on sait que le ratio v.km / places kilomètres offertes est de 26%. On peut pourtant penser que la nouvelle clientèle est de structure légèrement différente de la clientèle actuelle avec moins de navetteurs qui utilisent les trains bondés des heures de pointe et plus de clients qui utilisent les trains peu chargés des heures creuses (par exemple, des touristes). Une augmentation du taux moyen d'occupation se serait traduite par une augmentation des recettes à niveau donné de charges. La différence aurait alors pu être utilisée pour améliorer l'offre et c'est l'accélération du cercle vertueux. Ne pas en tenir compte conduit à une sous-estimation du transfert et donc des avantages sur le plan énergétique et environnemental.

2 – Une augmentation de la clientèle est attendue suite à l'augmentation des seuls trains x km (mise en service de nouvelles lignes, augmentation des fréquences sur les lignes existantes). Mais une augmentation de la clientèle pourrait aussi être attendue suite à l'amélioration du service liée aux initiatives qui pourraient être prises en cas d'ouverture. Par exemple, Manchester-Liverpool, qui avait été délaissé par l'opérateur historique a été repris par Keolis (groupe SNCF) et la fréquentation connaît une croissance à deux chiffres depuis plusieurs années qui peut être imputée à la motivation du nouvel entrant. On peut envisager toute une série d'idées : installation de crèches en gare, restauration embarquée, affectation aux quais et affichage en gare, distribution de casque pour écouter un guide sur les itinéraires touristiques (Veolia Verkehr), promotions à l'occasion d'évènements spéciaux, billets train+taxi, etc.). Il n'en a pas été tenu compte. On aboutit donc à une sous-estimation du transfert modal et donc de l'avantage sur le plan énergétique et environnemental.

## 3<sup>ème</sup> phase –

# Impact de l'augmentation de la fréquentation du transport ferroviaire sur l'environnement





### **3.1 IMPACT DE L'AUGMENTATION DE LA FREQUENTATION SUR LES CONSOMMATIONS D'ENERGIE**

La quantification de l'impact du point de vue de l'énergie et de l'impact du point de vue du carbone sera menée de la même manière. Pour ne pas alourdir la lecture par des répétitions, les explications détaillées ne seront données qu'une fois, lors de l'exposé relatif à l'énergie.

L'impact final est égal à la différence entre la consommation imputable aux voyages supplémentaires faits en train et la consommation imputable à ces mêmes voyages qui auparavant étaient effectués en voiture.

Pour simplifier, on suppose que toute la nouvelle clientèle provient d'un transfert modal depuis la voiture. C'est-à-dire d'une part, qu'on ne tient pas compte d'un transfert modal en provenance d'autres modes (autocar, par exemple) et d'autre part, qu'on ne tient pas compte du trafic induit par l'amélioration de l'offre.

Mais cette simplification n'est pas entièrement infondée car il se trouve :

- que les lignes d'autocar départementaux qui concurrencent les TER sont rares en raison de la coordination entre les Conseils généraux et les Conseils régionaux ;
- que l'amélioration de l'offre envisagée (par exemple, passage de 4 départs par jour à 5 ou 6 départs par jour avec des temps de parcours inchangés) est relativement modeste par rapport à des cas de mise en service d'une LGV qui permet de passer d'un temps de parcours de deux heures à un temps de parcours d'une heure seulement et qui est à l'origine d'un trafic induit significatif.

Les consommations imputables aux voyages supplémentaires faits en train seront estimées comme le produit du nombre de v.km par une consommation unitaire en gep/v.km, cette dernière étant à son tour la résultante de la consommation spécifique moyenne des trains régionaux en gep/train x km et d'un taux d'occupation moyen de ces trains.

Les consommations qui étaient imputables aux voyages faits auparavant en voiture seront estimées comme le produit du nombre de v.km par une consommation unitaire en gep/v.km, cette dernière étant à son tour la résultante de la consommation spécifique moyenne des voitures pour des trajets régionaux et d'un taux d'occupation moyen des voitures pour des parcours régionaux.

### **3.1.1 L'estimation des consommations d'énergie du rail pour les déplacements régionaux**

#### **3.1.1.1 Les consommations spécifiques des trains régionaux**

La consommation spécifique des trains régionaux à traction électrique a été estimée (cf. point 1134) en divisant les sommes facturées au train x km en 2004 soit 0,69 €, par un prix du kWh estimé (toujours en 2004) à 4,85 centimes d'euro par kWh. D'où une consommation spécifique pour les trains électriques régionaux (en fait il s'agit de la Région Centre) de :

$$0,69 / 0,0485 = 14,23 \text{ kWh par train x km à traction électrique.}$$

Compte-tenu d'un coefficient de conversion des kWh en tep de 0,086 tep par 100 kWh, on obtient une consommation spécifique exprimée en kep par train x km électrique de :

$$14,25 \times 0,086 = 1,22 \text{ kep / train x km à traction électrique.}$$

De la même manière, la consommation spécifique des trains régionaux à traction thermique a été estimée (cf. point 1135) en divisant les sommes facturées au train x km en 2004 soit 0,52 €, par un prix du litre de diesel hors toutes taxes en 2004 de 0,26 € par litre. D'où une consommation spécifique pour les trains thermiques (en fait il s'agit de la Région Centre) de 2 litres par train x km thermique.

Mais le spécialiste de la SNCF-PROXIMITES / Direction écomobilité et innovation nous a fait savoir qu'autant notre estimation de la consommation spécifique relative à la traction électrique était proche de la réalité autant celle relative à la traction thermique était surestimée (sans pour autant être autorisé à nous donner les vrais chiffres).

Nous avons alors retenu une consommation de 1,6 litre par train x km thermique en nous appuyant sur le chiffre publié par le Comité professionnel du pétrole dans son annuaire 2010 page 51. Le chiffre de 1,6 litre par train x km thermique correspond aussi bien à l'année 2009 qu'à l'année 2010.

Un calcul réalisé par M. Guyon, dont le détail est donné en annexe n°4, conduit au chiffre de 1,7 litre par km. Ce chiffre, un peu supérieur au précédent correspond en fait à une circulation couplant deux autorails 73500 sur une ligne périurbaine et donc avec des arrêts rapprochés qui font que la vitesse est rarement stabilisée d'où la surconsommation.

On considère dans la suite qu'une consommation de 1,6 litre correspond à une situation moyenne pour le trafic régional toutes Régions confondues.

Compte-tenu d'un coefficient de conversion des litres de gazole tep de 0,843 tep par 1000 litres, on obtient une consommation spécifique exprimée en kep par train x km thermique de :

$$1,6 \times 0,843 = 1,35 \text{ kep / train x km à traction thermique.}$$

Il faut alors tenir compte du poids des deux types de traction pour avoir une consommation moyenne tous trains confondus. Ce poids nous a été fourni par Direction écomobilité et innovation de SNCF-PROXIMITE : en 2009, ce sont 45% des trains x km du TER qui ont assurés en traction thermique. Bien sûr, ce pourcentage peut varier fortement d'une région à l'autre (il est plus faible en Lorraine, mais plus fort en Auvergne).

Ainsi, la traction thermique assure 45% du total des trains x km. D'où la consommation spécifique moyenne des trains régionaux :

$$(1,35 \times 45\%) + (1,22 \times 55\%) = 1,28 \text{ kep / train x km régional.}$$

On notera que ce chiffre inférieur à la moyenne nationale qui comprend les trains régionaux et les autres, tant de voyageurs que de marchandises (voir tableau ci-après). L'explication tient probablement en grande partie à ce qu'en transport régional de voyageurs, les convois sont à la fois moins lourds et moins rapides.

Energie de traction (*)		
Combustible Diesel	203,3	Milliers de mètres cubes
Energie électrique	7883,3	Millions de kWh
Combustible Diesel	171	Milliers de tep
Energie électrique	678	Milliers de tep
Toutes énergies	849	Milliers de tep
Parcours des trains (*)		
Voyageurs	406,2	Millions de trains x km
Marchandises	74,2	Millions de trains x km
Ensemble	480,4	Millions de trains x km
Consommation spécifique moyenne	1,77	kep par train x km

\* Source : SNCF, Rapport d'activité, année 2009<sup>12</sup>.

Figure 24 Consommation spécifique moyenne nationale

<sup>12</sup> Le chapitre ferroviaire du Mémento de statistiques des transports publié par le MEDDTL / CGDD / SOEs mis à jour le 1<sup>er</sup> juin 2011 ne permet pas de confronter les trains x km thermiques avec les consommations de diesel ou les trains x km électriques avec les consommations d'électricité.

### 3.1.1.2 Les consommations unitaires des trains régionaux

Pour obtenir les consommations par voyageur x km, on peut multiplier la consommation spécifique par le nombre de trains x km pour obtenir les consommations totales puis les diviser par le nombre de voyageurs x km ou bien diviser la consommation spécifique par le nombre moyen de voyageurs à bord.

Il s'agit ici d'une occupation moyenne (en équivalent voyageurs qui seraient restés de bout en bout) et non pas du nombre total de personnes qui sont montées à bord du train (ce dernier étant supérieur au premier). On retient la deuxième démarche.

Le tableau suivant sur les trafics TER routiers et ferroviaires nous a été fourni par SNCF-PROXIMITE :

		2007	2008	2009	2010
Trains x km totaux	Millions	162,6	171,3	174,9	167,9
Trains x km commerciaux	Millions	151,8	160,8	164,5	158,9
Cars x km réguliers totaux	Millions	37,0	14,9	30,9	29,199
Voyageurs x km fer et route	Millions	11 597,6	12 716,0	12 864,5	12 889,6
Voyageurs x km fer	Millions	11 270,8	n.d.	n.d.	n.d.
Voyageurs x km route	Millions	326,8	n.d.	n.d.	n.d.

Source : SNCF – PROXIMITES

Figure 25 Trafics TER, routiers et ferroviaires

Un trafic de 12,89 milliards de v.km a été assuré, en 2010, par des circulations totalisant 0,1589 milliard de trains x km. D'où un nombre de voyageurs par train de  $12,89 / 0,1589 = 81,1$  voyageurs par train dans les trains régionaux.

Le chiffre obtenu est légèrement surestimé car on rapporte des v.km fer+route à des trains x km fer seulement. En supposant que la proportion de v.km route dans le total est restée la même depuis 2007 (dernière année pour laquelle on dispose de la ventilation) soit 2,8%, on aurait alors seulement 12,502 milliards de v.km. D'où un nombre de voyageurs par train de :

$$12,53 / 0,1589 = 78,8 \text{ voyageurs par train dans les trains régionaux}$$

Ainsi pour obtenir les consommations unitaires, il suffit de rapporter les consommations spécifiques au nombre de voyageurs par train :

$$1.280 / 78,8 = \mathbf{16,2 \text{ gep / v.km en train.}}$$

### 3.1.2 L'estimation des consommations d'énergie de la voiture pour les déplacements régionaux

#### 3.1.2.1 Consommation spécifique des voitures

On retient les consommations moyennes estimant que les consommations pour les trajets régionaux sont *un peu plus fortes* que les consommations constatées sur autoroute car la vitesse y est moins stabilisée et sont *un peu moins fortes* que les consommations constatées en ville car les encombrements y sont moins fréquents.

Ces consommations moyennes proviennent des annexes de Comptes des transports de la Nation pour 2010 (Annexe C4).

Pour le gazole, on obtient une consommation de 6,56 litres aux 100 km. Ce qui compte tenu d'un coefficient d'équivalent de 0,845 kep par litre de gazole, représente une consommation d'énergie de :

$$6,56 \times 0,845 = 5,54 \text{ kep par 100 km pour les voitures utilisant le gazole.}$$

Pour l'essence, on obtient une consommation de 7,82 litres aux 100 km. Ce qui compte tenu d'un coefficient d'équivalent de 0,791 kep par litre de gazole, représente une consommation d'énergie de :

$$7,82 \times 0,791 = 6,19 \text{ kep par 100 km pour les voitures utilisant l'essence.}$$

Les kilomètres parcourus avec des voitures utilisant le gazole représentent maintenant 71 % du total des parcours des voitures (Source : CNT annexe C3 / parcours des voitures utilisant l'essence : 116,7 milliards de km / parcours des voitures utilisant le gazole / 281,4 milliards de km). D'où la consommation moyenne pondérée par les kilométrages parcourus :

$$(5,54 \times 71\%) + (6,19 \times 39\%) = 5,73 \text{ kep par 100 km, toutes motorisations confondues.}$$

#### 3.1.2.2 Les consommations unitaires des voitures

D'après les résultats de l'enquête transport et déplacement de 2008, le taux d'occupation des voitures est en moyenne de 1,4 personne par voiture. Il dépend légèrement de la tranche distance dont relève le déplacement. Il est un peu supérieur à la moyenne pour les déplacements très courts (intra-communaux) en raison du poids important du motif « accompagnement » et aussi pour les déplacements à relativement longue distance en raison du poids important des déplacements en famille. Entre les deux, le poids du domicile-travail est plus important et c'est dans ce cas que beaucoup de déplacements sont effectués seul à bord du véhicule.

Tranche de distances à vol d'oiseau	Nombre d'accompagnants du ménage	Nombre d'accompagnants extérieurs	Nombre de conducteurs	Nombre d'occupants	Taux d'occupation
Intra-communal	9 715 858	2 926 741	28 703 932	41 346 531	1,44
0 à 5 km	5 458 834	1 729 886	19 424 703	26 613 423	1,37
6 à 10 km	3 699 645	1 172 553	12 542 048	17 414 246	1,39
11 à 15 km	1 226 249	392 099	5 917 863	7 536 211	1,27
16 à 20 km	841 464	370 434	3 276 053	4 487 951	1,37
21 à 30 km	771 789	331 851	3 159 752	4 263 392	1,35
<b>31 à 80 km</b>	<b>553 907</b>	<b>324 459</b>	<b>2 075 970</b>	<b>2 954 336</b>	<b>1,42</b>
81 km et plus	533 434	454 706	1 390 893	2 379 033	1,71
<b>Ensemble</b>	<b>22 801 180</b>	<b>7 702 729</b>	<b>76 491 214</b>	<b>106 995 123</b>	<b>1,40</b>

Source : ENTD 2008, jour de semaine hors vacances

Figure 26 Calcul du taux d'occupation des voitures

D'après le Mémento de statistiques des transports publié par le MEDDTL, on connaît la distance moyenne du TER en 1989 en divisant le nombre de millions de v.km par le nombre de millions de voyages :  $6.690 / 169 = 40$  km. Depuis, le nombre de voyageurs n'est plus publié.

Heureusement, une enquête auprès des ménages a été réalisée en 2008 à l'échelle nationale. Pour ce qui concerne le TER, la distance moyenne est de 49,6 km (Source : ENTD 2008, exploitation MEEDDM-CGDD-SOeS-OST1)

On considère donc que la longueur moyenne d'un déplacement régional est bien comprise dans la tranche « 31 à 80 km » et donc que le taux d'occupation de la voiture pour ce genre de trajets est de 1,42 personne par voiture.

D'où une consommation unitaire pour les déplacements régionaux effectués en voiture égale à :

$$5,73 * (1000/100) / 1,42 = \mathbf{40,4 \text{ gep / v.km en voiture}}$$

Finalement, la consommation unitaire est plus que deux fois plus élevée en voiture qu'en train (40,4 gep / v.km contre 16,2).

### 3.1.3 Le bilan énergétique résultant du transfert modal

Le bilan est égal au produit du différentiel de consommation ( $40,4-16,2= 24,1$  gep / v.km) par le volume de trafic transféré de la voiture vers le train. Ce volume dépend du scénario.

#### *Scénario – 10 %*

Le trafic transféré a été estimé à 1.586 millions de voyageurs x km. Le gain sur le plan énergétique est donc de :

$$24,1 \times 1,586 = 38.263 \text{ millions de gep ou encore } \mathbf{38.000 \text{ tep.}}$$

#### *Scénario – 30 %*

Le trafic transféré a été estimé à 6.449 millions de voyageurs x km. Le gain sur le plan énergétique est donc de :

$$24,1 \times 6,449 = 155.602 \text{ millions de gep ou encore } \mathbf{156.000 \text{ tep.}}$$

On notera que les économies d'énergie sont 4 fois supérieures dans le scénario -30% par rapport au scénario -10%.

	Scénario - 10 %	Scénario - 30 %
Consommations unitaires de la voiture	40,4 gep / v.km	40,4 gep / v.km
Consommations unitaires de la voiture	16,2 gep / v.km	16,2 gep / v.km
Différentiel de consommation unitaire	24,1 gep / v.km	24,1 gep / v.km
Volume de trafic transféré	1.586 millions v.km	6.449 millions v.km
<b>Gain énergétique</b>	<b>38.286 tep</b>	<b>155.602 tep</b>

Figure 27 Bilan du point de vue des consommations d'énergie

## **3.2 IMPACT DE L'AUGMENTATION DE LA FREQUENTATION SUR LES EMISSIONS DE CARBONE**

### **3.2.1 L'estimation des émissions de CO<sub>2</sub> du rail pour les déplacements régionaux**

#### **3.2.1.1. Les émissions spécifiques (par train x km)**

Pour ce qui concerne la traction électrique, la consommation spécifique est estimée à 2.399 g équivalent CO<sub>2</sub> par train x km sur la base d'une consommation estimée précédemment de 14,23 kWh par train x km et d'un facteur d'émission moyen de 169 g eq CO<sub>2</sub> par kWh consommé par la SNCF<sup>13</sup>. Cette dernière valeur est en fait secrète puisque la SNCF ne communique pas sur le poids relatif de ses diverses sources d'approvisionnement électrique.

Cette valeur est plausible, puisqu'elle correspond à un approvisionnement auprès d'EDF à hauteur de 58,4% et d'un autre fournisseur pour le solde. On sait en effet que le facteur d'émission d'EDF est de 75 g eq CO<sub>2</sub> par kWh ce qui correspond au contenu de kWh *fourni* par EDF en 2009 et non pas au contenu du kWh *produit* par EDF qui n'est que de 45 g eq CO<sub>2</sub> par kWh (Source : EDF, conformément au décret 2004-388). Alors le solde devrait avoir un contenu de 300 g ce qui est le cas d'Electrabel (Source : études sur le contenu en gaz à effet de serre des différents électriciens européens réalisée par PwC et Enerpress et publiée le 2 décembre 2010).

Pour ce qui concerne la traction thermique, la consommation spécifique est estimée à 4.259 g eq CO<sub>2</sub> par train x km sur la base d'un facteur d'émission de 2.662 g eq CO<sub>2</sub> par litre (Source : Comité professionnel du pétrole, suivant l'ordonnance n° 9501 du 28 décembre 2004) et d'une consommation estimée précédemment de 1,6 litre par km.

Toutes tractions confondues, la consommation spécifique est estimée à 3.236g eq CO<sub>2</sub> par train x km compte-tenu d'une consommation spécifique en traction électrique de 2.399 g eq CO<sub>2</sub> par train x km, d'une consommation spécifique en traction thermique de 4.259 g eq CO<sub>2</sub> par train x km, et d'un poids de la traction thermique dans le total des parcours des trains régionaux de 45% comme précédemment :

$$(2.399 \times 55\%) + (4.259 \times 45\%) = 3.236 \text{ g eq CO}_2 \text{ par train x km}$$

---

<sup>13</sup> Le contenu de l'électricité achetée par la SNCF serait de 169 g eq CO<sub>2</sub> par kWh pour l'année 2010 (Source : ADEME, d'après source officieuse).



### 3.2.1.2. Les émissions unitaires (par v.km)

Il faut maintenant tenir compte du taux d'occupation moyen de ces trains. Ce dernier est celui qui a déjà été estimé à la section 31, soit 79 voyageurs.

Rappelons qu'il s'agit d'une occupation moyenne (en équivalent voyageurs qui seraient restés de bout en bout) et non pas du nombre total de personnes qui sont montées à bord du train (ce dernier étant supérieur au premier). Cela correspond au taux de 26% cité par la Cour des comptes et calculé comme le ratio entre les voyageurs x km et les places kilomètres offertes.

Sur la base d'une émission de 3.236 g eq CO<sub>2</sub> par train x km et de 79 voyageurs par train en moyenne, on obtient une émission unitaire de :

$$3.236 / 79 = \mathbf{41,0 \text{ g eq CO}_2 \text{ par voyageur x kilomètre}^{14}}.$$

169	g eq CO <sub>2</sub> / kWh	Contenu du kWh de l'électricité consommée par la SNCF
14,23	kWh / train x km	Consommation des trains à traction électrique
2.399	g eq CO <sub>2</sub> / train x km	Emissions par km d'un train électrique
2.662	g eq CO <sub>2</sub> / litre	Contenu du litre de diesel
1,6	litres / train x km	Consommation d'un train à traction thermique
4.259	g eq CO <sub>2</sub> / train x km	Emissions par km d'un train à traction thermique
45%		Poids de la traction diesel dans l'ensemble de trains x km
3.236	g eq CO <sub>2</sub> / train x km	Emissions par km, toutes tractions confondues
78,8	Voyageurs par train	Occupation moyenne des trains
41,0	g eq CO <sub>2</sub> / v.km	Emissions unitaires

Figure 28 Estimation des émissions de CO<sub>2</sub> du rail pour les déplacements régionaux

L'approvisionnement auprès de la SNET / E.ON (contrat de 6,6 TWh pour 2007-2011) représente un avantage pour la SNCF sur le plan financier par rapport à EDF mais un inconvénient pour la Collectivité sur le plan des émissions de carbone. On comprend l'intérêt de faire figurer dans les conventions entre la Région et le transporteur une clause sur le contenu carbone de l'électricité utilisée.

<sup>14</sup> Ces 41 g correspondent au chiffre qui nous a été communiqué par SNCF PROXIMITES. Notre reconstitution devrait donc correspondre sensiblement à la réalité. Ceci dit, il faut être très prudent dans ce domaine les facteurs d'émission étant à la fois secrets et volatiles.

## 3.2.2 L'estimation des émissions de CO<sub>2</sub> de la voiture pour les déplacements régionaux

### 3.2.2.1 Les émissions spécifiques

Les consommations moyennes en litres aux 100 km proviennent des annexes des Comptes transport de la Nation et concernent l'année 2010. Les facteurs d'émission proviennent de l'ADEME, Bilan Carbone, version 6. Le poids du diesel dans l'ensemble des kilomètres parcourus par les voitures provient aussi des Comptes transport de la Nation année 2010. Les émissions de carbone toutes motorisations confondues sont ensuite converties en émissions en eq CO<sub>2</sub> en utilisant le ratio  $(16+16+12)/12=3,666$ .

### 3.2.2.2 Les émissions unitaires

Compte-tenu d'un taux d'occupation de 1,42 personne par voiture et d'une émission spécifique de 17,87 k eq CO<sub>2</sub> par voiture x km, les émissions unitaires peuvent être estimées à :

$$17,87 / 1,42 = 125,8 \text{ g eq CO}_2 \text{ par voyageur x km}$$

6,56	litres aux 100 km gazole	Consommation des voitures
0,726	keq C / litre gazole	Facteur d'émission du gazole
4,76	k eq C pour 100 km	Emissions aux 100 km
7,82	litres aux 100 km essence	Consommation des voitures
0,661	k eq C par litre essence	Facteur d'émission de l'essence
5,17	k eq C pour 100 km	Emissions aux 100 km
71 %	parcours motorisation diesel/parcours totaux VP	
4,88	k eq C pour 100 km tous carburants confondus	Emissions aux 100 km
3,66	44/12	Passage du C au CO <sub>2</sub>
17,87	k eq CO <sub>2</sub> pour 100 km tous carburants confondus	Emissions aux 100 km
1,42	personne par voiture	Taux d'occupation des voitures
125,8	g eq CO <sub>2</sub> par v.km	Emissions unitaires

Figure 29 Estimation des émissions de CO<sub>2</sub> de la voiture pour les déplacements régionaux

On notera que les émissions unitaires de la voiture sont 3 fois plus importantes que celles du train.

### 3.2.3 Le bilan environnemental du transfert modal

Le bilan est égal au produit du différentiel d'émission ( $125,8 - 41,0 = 84,8$  g eq CO<sub>2</sub> / v.km) par le volume de trafic transféré de la voiture vers le train. Ce volume dépend du scénario.

#### *Scénario – 10 %*

Le trafic transféré a été estimé à 1.586 millions de voyageurs x km. Le gain sur le plan des émissions de carbone est donc de :

$$84,8 \times 1,586 = 134.447 \text{ millions de g ou encore } \mathbf{134.000 \text{ t eq CO}_2}.$$

#### *Scénario – 30 %*

Le trafic transféré a été estimé à 6.449 millions de voyageurs x km. Le gain sur le plan des émissions de carbone est donc de :

$$84,8 \times 6,449 = 546.745 \text{ millions de g ou encore } \mathbf{547.000 \text{ t eq CO}_2}.$$

On notera que les réductions obtenues au niveau des émissions de carbone sont 4 fois supérieures dans le scénario -30% que dans le scénario -10%.

	Scénario - 10 %	Scénario - 30 %
Emissions unitaires de la voiture	125,8 geqCO <sub>2</sub> / v.km	125,8 geqCO <sub>2</sub> / v.km
Emissions unitaires de la voiture	41,0 geqCO <sub>2</sub> / v.km	41,0 geqCO <sub>2</sub> / v.km
Différentiel d'émission unitaire	84,8 geqCO <sub>2</sub> / v.km	84,8 geqCO <sub>2</sub> / v.km
Volume de trafic transféré	1.586 millions v.km	6.449 millions v.km
<b>Gain environnemental</b>	<b>134.447 teqCO<sub>2</sub></b>	<b>546.745 teqCO<sub>2</sub></b>

Figure 30 Bilan du point de vue des émissions de CO<sub>2</sub>

Au terme de cette phase, quelques précisions doivent être apportées.

Les valeurs des facteurs d'émission sont celles qui correspondent à la situation *moyenne* et *actuelle*.

Moyenne, dans la mesure où on ne distingue pas entre les heures de pointe (voire de super-pointe) et les heures creuses bien que, a priori, la nouvelle clientèle voyagerait un peu plus durant les heures creuses que la clientèle actuelle et dans la mesure où on ne distingue pas entre les Régions proches des lieux de production de l'électricité et les Régions plus éloignées ni entre les parcours périurbains et les parcours ruraux alors qu'on peut penser que l'essentiel des nouveaux clients proviendront plus du tissu périurbain que du tissu rural et que les tronçons de voie situés dans le tissu périurbain sont plus électrifiés que ceux situés dans le tissu rural.

Actuelle, dans la mesure où on retient les valeurs des coefficients estimés pour l'année 2010 et non pas les valeurs que ces coefficients pourraient prendre à l'avenir. Pour mémoire, en ce qui concerne la voiture, le poids de la traction électrique est considéré comme négligeable ce qui est conforme à la réalité d'aujourd'hui mais pourrait se révéler erroné en 2030.

Notons, qu'il s'agit de trouver les facteurs qui pourraient faire que la *situation avec ouverture* à la concurrence soit différente de la *situation moyenne* qui a été retenue pour estimer les valeurs unitaires et non de trouver les facteurs qui pourraient faire que la *situation future* soit différente de la *situation actuelle*.

Et donc les facteurs qui permettront d'améliorer l'efficacité énergétique et/ou environnementale mais qui ne sont pas liés à l'ouverture à la concurrence ne sont pas pris en compte dans la comparaison, notamment :

- l'introduction dans le parc de matériel roulant ferroviaire ou routier plus léger et/ou hybride (exemple, le projet PLATHEE) et/ou électrique (exemple, automotrice biénergies qui peut utiliser l'électricité lorsqu'elle est sous caténaire sans qu'il soit nécessaire que tout l'itinéraire soit électrifié) ;
- la mise en service de nouveaux tronçons électrifiés (exemple, Bourges-Saincaize) ;
- l'évolution de phénomènes indépendants de la technologie (augmentation du prix des carburants, aménagement du territoire centré sur les gares, etc.).

4<sup>ème</sup> phase –

Etude d'un cas :

la ligne Colmar – Metzeral



## **4.1 LE MODELE KCW D'ESTIMATION DES COÛTS DANS LE TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL DE VOYAGEURS**

### **4.1.1 Contexte et fonctionnalités du modèle**

Le modèle KCW d'estimation des coûts reproduit la structure des coûts d'un opérateur typique ferroviaire régional de voyageurs, en approche ascendante („bottom-up“). Pour calculer la totalité des coûts et des recettes de l'opérateur, toutes les composantes des postes de coûts significatifs sont chiffrés.

KCW a développé ce modèle dans le cadre de ses missions de soutien à des autorités organisatrices de transport ferroviaire régional de voyageurs en Allemagne. Le modèle, dans son utilisation originale, vise à déterminer la fourchette des prix à attendre dans des appels d'offres TER. Cette prospective permet aux pouvoirs publics de mieux accorder le développement de l'offre et les moyens financiers dans la phase de conception des appels d'offres.

Le modèle permet de développer et calculer jusqu'à 8 scénarios différents, ou alors 4 scénarios avec une fourchette de coût.

#### **Structure du modèle**

Le modèle est composé de deux modules.

Le Module 1 contient le calcul des volumes (train.km, heures de roulement, besoin de véhicules, consommation d'énergie, prix des sillons) sur la base des horaires concrets de la ligne. Les horaires utilisés sont représentés en annexe 5.5 à 5.8 de ce rapport

Le Module 2 contient le calcul des coûts et recettes aux conditions économiques du secteur ferroviaire en France, comme décrit dans le tableau « valeurs d'entrée du modèle » représenté en annexe 5.1 à 5.4 de ce rapport.

#### **Fonctionnalités du modèle**

Le modèle d'estimation des coûts calcule les coûts et recettes des services ferroviaires considérés sur la durée de la convention avec un découpage mensuel. Toutes les valeurs d'entrée sont d'abord normalisées sur l'année de base 2010 et ensuite recalculées sur la durée de la convention avec des coefficients adaptés (voir le tableau des valeurs d'entrée, lignes 151 à 279, dans annexe 5.2).

Pour rendre comparable les dépenses à différents moments de la période considérée, toutes les valeurs sont ensuite actualisées à l'année de base (2010). Le taux d'actualisation utilisé est le taux d'intérêt des emprunts d'Etat à 10 ans.

Estimant que la convention de service contiendra une clause d'indexation des prix, les effets croisés des deux calculs inverses se neutralisent à peu près. Les valeurs en euros courants pour l'année 2010 sont alors proches des valeurs moyennes annuelles calculées par le modèle.

Le modèle part du principe que tous les biens nécessaires sont achetés au début du contrat et qu'il n'y a pas de réinvestissement pendant la période de la convention. Les biens ayant une valeur résiduelle à la fin de la convention, en particulier les véhicules et l'atelier, sont revendus à leur valeur.

Le modèle permet le traitement des horaires complexes, des tractions multiples et du couplage / découplage des trains en route. Pour l'atelier, une estimation des surfaces, voies et équipement est faite sur la base des exemples connus. Le calcul des volumes va loin dans le détail, par exemple jusque dans la disposition du personnel dans le module 1.

#### **4.1.2 Disponibilité des données**

Les données sur la ligne Colmar – Metzeral et les conditions économiques dans le secteur ferroviaire en France, y compris à la SNCF, ont été fournies en grande partie par Beauvais Consultants. De notre expérience, nous ajoutons les données relatives aux coûts d'un transporteur privé et aux postes de coût pour lesquels il existe un marché européen (p. ex. les pièces de rechange).

##### **Données de la ligne Colmar – Metzeral et TER Alsace**

Les propriétés de la ligne (longueur, profil, gares, voies de croisement et de garage etc.) sont connues publiquement, nous disposons en plus de la fréquentation des gares sur la ligne (comptages en gare en 2008, montées et descentes).

En plus d'une publication de la revue Ville, Rail et Transports sur les chiffres du TER en 2009<sup>15</sup>, nous disposons de certaines valeurs brutes pour la région Alsace.

##### **Données SNCF**

Les données financières publiées sur l'exploitation des TER sont assez restreintes.

La SNCF disposant du monopole sur les services ferroviaires, les régions ont peu de possibilités de lui demander une comptabilité plus détaillée. La comptabilité par ligne, si elle existe, est hors de portée des autorités organisatrices.

Dans les comptes que la SNCF facture aux régions et qui doivent financer ses services TER, la SNCF ne distingue qu'une bonne douzaine de postes de charges<sup>16</sup> ne permettant pas

---

<sup>15</sup> Le palmarès des TER 2011, dans : Ville, Rail & Transports N° 517 du 06/04/2011



d'aboutir à une conclusion sur les différentes valeurs d'entrée de ce modèle (ni de vérifier les factures). Les conventions ne sont que partiellement publiées et les comptes ne le sont pas.

Faute de données originelles, nous nous appuyons pour les coûts de la SNCF sur la recherche faite par Beauvais Consultants dans le rapport intermédiaire du 04/08/2011 de ce même projet ainsi que sur la thèse de Christian DESMARIS<sup>17</sup>.

Cependant, même si nous avons connaissance des postes de charges de façon agrégée et de certaines informations supplémentaires, il reste une incertitude sur la structure des coûts de la SNCF.

### **Données d'un opérateur privé**

Pour les coûts d'un transporteur privé, KCW dispose d'une assez bonne base de données concernant les coûts dans le transport ferroviaire de voyageurs en Allemagne. Cette base de données peut servir de référence. Dans les postes de coûts où il existe un marché européen (p. ex. les pièces de rechange), les données peuvent être utilisées directement.

De plus, nous nous appuyons sur des documents législatifs et des accords salariaux concernant les charges sociales, les salaires et les conditions de travail. Pour estimer la productivité d'un opérateur ferroviaire privé en France, nous nous sommes rapprochés des valeurs obtenues chez les entreprises actives en Allemagne (entre autres françaises) en tenant compte de la semaine de 35 heures en France.

Le lecteur se reportera à l'annexe n°5 pour connaître la valeur retenue pour chaque paramètre.

---

<sup>16</sup> Traction, Accompagnement, Charges de capital, Maintenance, Electricité, Energie thermique, Distribution des titres de transport, Production des trains, Services en gare, Contribution de service DDG, Installations fixes en gares, Charges de structure niveau national, Charges de structure niveau régional, Redevances RFF pour l'infrastructure

<sup>17</sup> Le transport régional ferroviaire de voyageurs en France : A la lumière de la théorie néo-institutionnaliste et des comptes de surplus, Christian Demaris, Lyon 2010

## 4.2 CHOIX DE LA LIGNE ET SCENARIOS

### 4.2.1 La ligne Colmar – Metzeral

#### 4.2.1.1 Description de la ligne

La ligne Colmar – Metzeral via Munster en Alsace est une ligne de type périurbain reliant une ville moyenne à une vallée dans les Vosges.

Il s'agit d'une voie unique longue de 24,2 km avec 14 gares intermédiaires. Des voies d'évitement et de garage (ces dernières semblent actuellement inutilisées) existent à Turckheim et Munster. Au terminus de Metzeral, une voie de service (sans quai) permet le dépôt des véhicules ou le retournement éventuel d'une locomotive. Un poste de contrôle est installé à Munster. De ce fait, trois convois peuvent circuler simultanément sur la ligne.

La ligne n'est pas électrifiée et est actuellement exploitée avec six autorails X 73500 circulant en unité double.

La voie a été refaite (voie en partie soudée, ballast épais, traverses béton) de Colmar à Munster où la vitesse maximale est de 100 km/h. Au-delà, la vitesse maximale est de 60 km/h. La vitesse commerciale est comprise dans le créneau de 35 à 45 km/h.

Les horaires sont « rythmés » mais ne sont pas cadencés de façon continue. En semaine, il y a environ 2 circulations par heure en période de pointe et environ une circulation toutes les deux heures en période creuse. Des trains circulent entre 6 et 20 heures. Le service des samedis est nettement plus réduit avec 8 à 9 trains, les dimanches il y a seulement 4 trains dans chaque sens. Le service par train est complété par une offre autocar comprenant 2 à 3 allers-retours quotidiens. Les stations intermédiaires sont desservies avec une fréquence très inférieure, et il n'y a pas d'arrêts facultatifs (arrêts marqués seulement si un voyageur le demande).

L'offre est manifestement orientée vers les travailleurs et surtout les scolaires et ne permet pas des sorties en soirée à Colmar ou en week-end dans les Vosges.

#### 4.2.1.2 Choix de la ligne

La ligne Colmar – Metzeral a été choisie dans cette étude pour trois raisons :

- La ligne peut être exploitée de façon relativement autonome. Elle a une connexion avec le reste du réseau uniquement en gare de Colmar où elle utilise une voie dédiée ;
- La ligne est située dans une région généralement active en matière de transports et où des informations sont relativement accessibles ;
- La situation périurbaine et les lacunes de l'offre actuelle laissent supposer un potentiel pour accroître la fréquentation et générer des recettes supplémentaires.

## 4.2.2 Description des scénarios

Nous avons identifié deux facteurs supposés avoir une grande influence sur le coût et les recettes de l'offre ferroviaire :

- le type de contrat et d'opérateur;
- le volume et la structure de l'offre (cadencement ou non).

Sur la base des caractéristiques générales, nous avons construit trois scénarios permettant de distinguer les effets des deux facteurs sur le coût de l'offre.

### 4.2.2.1 Caractéristiques générales

Le modèle calcule en valeur réelle et l'année de base est 2010. Le taux d'actualisation est de 2,55%, équivalent au rendement des emprunts d'Etat à 10 ans à l'échéance 2019 (Code : WKN 872522).

Le modèle part du principe d'une convention de service de 10 ans.

Le calcul comprend le coût de l'infrastructure à l'exception de la redevance d'accès, forfaitaire, qui est versée directement par l'Etat à RFF.

Le calcul ne comprend pas les prestations communes de la branche SNCF Gares et Connexions, car nous ne connaissons pas son calcul ni sa répartition géographique. Ces charges représentent environ 1,29 €/train.km dans notre reconstitution du compte TER Alsace 2010.

La ligne est exploitée dans les trois scénarios avec les six X 73500 déjà affectés à la ligne. Ce matériel roulant est financé par la région dans les trois scénarios. Le financement public du matériel roulant pratiqué en France nous semble avantageux par rapport au financement privé par l'opérateur pratiqué en Allemagne. Ainsi, cet investissement important peut profiter du taux d'intérêt public et n'est pas soumis aux aléas des marchés financiers.

De même, pour l'atelier en tant que deuxième investissement important, on suppose un financement public par la région qui en deviendra propriétaire et le loue à l'opérateur.

Pour ces deux investissements, des frais d'utilisation à la hauteur du coût pour l'autorité organisatrice, soit le taux d'emprunt du secteur public, sont contenus dans le calcul.

Comme ces deux investissements ne sont pas amortis à la fin de la convention, le calcul tient compte de la valeur résiduelle du matériel roulant à la fin du contrat qui est ainsi déduite du coût. Cette valeur résiduelle (ou la réutilisation du matériel) est garantie par l'autorité organisatrice, ce qui évite de facturer des dépréciations démesurées ou une prime de risque élevée.

En dehors des hypothèses retenues pour ce modèle, il existe aussi des variantes de financement privé du matériel roulant et de l'atelier par le délégataire, avec des résultats

financiers comparables. L'autorité organisatrice peut garantir la réutilisation de l'investissement à des conditions prédéfinies à la fin du contrat („Wiedereinsatzgarantie“) ou donner une garantie de la valeur résiduelle à des conditions prédéfinies à la fin du contrat („Restwertgarantie“). Dans les deux cas, le risque financier du délégataire à la fin du contrat est éliminé, ce qui permet une dépréciation adaptée de l'investissement sans prime de risque élevée.

#### **4.2.2.2 Scénario 1 – Récapitulation de la situation actuelle**

Ce scénario de base simule la reconstitution de la situation actuelle, soit les hypothèses suivantes :

- Offre :                   horaire de service 2010 ;
- Production :           SNCF ;
- Attribution :           attribution directe (convention SNCF – région).

Les comptes de la SNCF ne contiennent pas de comptabilité par ligne qui permettait de connaître les coûts et les recettes spécifiques pour Colmar – Metzeral. Les principes de rémunération dans les conventions indiquent que la subvention publique n'est pas identique pour toutes les lignes. Nous avons donc modélisé le coût supposé pour Colmar-Metzeral sur la base de l'offre 2010.

#### **4.2.2.3 Scénario 2 – Délégation des services, horaire inchangé**

Dans ce scénario, les services TER de l'année 2010 sont délégués à une entreprise de type privé après un appel d'offres de la région, soit les hypothèses suivantes :

- Offre :                   horaire de service 2010 ;
- Production :           entreprise ferroviaire délégataire ;
- Attribution :           délégation de service public après un appel d'offres.

Ce scénario vise à identifier les gains de productivité par la mise en concurrence sans développement de l'offre.

#### **4.2.2.4 Scénario 3 – Délégation des services, horaire entièrement cadencé**

Dans ce scénario, les services TER sont entièrement cadencés (entraînant une forte augmentation de l'offre) et délégués à une entreprise de type privé après un appel d'offres, soit les hypothèses suivantes :

- Offre :                   horaire entièrement cadencé ;

- Production : entreprise ferroviaire délégataire ;
- Attribution : délégation de service public après un appel d'offres.

L'horaire entièrement cadencé (voir annexe 5.3) contient une trame horaire de 7h à 23h30 et un service cadencé aussi les samedis et dimanches. Le nombre de trains les jours ouvrables passe de 13 (20 en période scolaire) à 21, les samedis de 8 à 21 et les dimanches et jours fériés de 4 à 8.

Pour étendre l'offre aux petites gares sur la ligne, tous les arrêts sont desservis par tous les trains. Pour maintenir la vitesse moyenne et économiser de l'énergie de traction, la totalité des arrêts sont transformés en arrêts facultatifs, à l'exception des terminus et gares de croisement. Bien que cela soit peu répandu sur les voies ferrées françaises, des exemples de réseaux étrangers montrent la faisabilité de cette mesure.

Ce scénario vise à identifier les gains de productivité dus au développement de l'offre cadencée par une meilleure utilisation des ressources (matériel roulant, atelier, infrastructure).

#### **4.2.2.5 Scénarios non retenus**

Un scénario de développement de l'offre cadencée au prix SNCF a été exclu parce qu'il ne serait pas finançable.

L'électrification pourrait être une solution susceptible de faire baisser le coût énergétique et d'accroître la vitesse commerciale compte tenu des performances d'accélération qu'elle autoriserait. La variante électrique « tram-train » serait sans doute encore plus performante car, pour un coût d'équipement identique ou moindre, elle permettrait de réduire les temps en station (meilleures facilités d'accès, meilleure gestion des flux lors des arrêts et meilleures performances au démarrage).

Ce scénario a néanmoins été exclu du fait de son investissement non négligeable.

## **4.3 VALEURS D'ENTREE DU MODELE**

La liste complète des valeurs d'entrée se trouve en annexe 5.1. Ci-dessous sont commentés les principales composantes du coût :

### **4.3.1 Matériel roulant**

Dans les trois scénarios, le service est assuré par les 6 autorails X 73500 en service actuellement. Ceux-ci sont monocaisses avec une longueur de 28,9 m, 64 places assises et une vitesse maximale de 140 km/h. Tous les roulements sont effectués en unité double, ce principe de l'horaire 2010 est retenu pour les trois scénarios.

Ces véhicules appartiennent à la région Alsace. Les véhicules sont dépréciés aux taux habituels sur 30 ans et financés aux conditions financières du secteur public.

Dans le coût de l'opérateur est intégrée une redevance d'utilisation du matériel roulant à la hauteur du coût pour l'autorité organisatrice, soit le taux d'emprunt du secteur public plus l'amortissement du matériel.

Etant donné que la région possède d'autres véhicules thermiques, le modèle ne calcule pas un véhicule de réserve spécifique pour Colmar - Metzeral, mais une participation au parc de matériel roulant de la région à la hauteur du taux de réserve habituel de 4%, soit 0,25 véhicules.

Pour 2,18% de trains supprimés (donnés publiées pour 2009 par Ville, Rail & Transports), un service de remplacement par bus est calculé à 3,50 €/km.

### **4.3.2 Atelier et maintenance**

Pour la maintenance du matériel roulant, la SNCF se sert de son atelier existant de Mulhouse-Nord. Nous estimons dans le scénario 1 que, pour les six X 73500 de Colmar - Metzeral, ses capacités sont utilisées à 10%. L'extension géographique de cet atelier et de ses espaces extérieurs est estimée sur la base des photos aériennes sur [www.wikimapia.com](http://www.wikimapia.com).

Dans les scénarios 2 et 3, la maintenance du matériel roulant est déléguée par la région au nouvel opérateur, qui devra construire un nouvel atelier sur place (à Metzeral ou Colmar). La maintenance lourde est sous-traitée au constructeur ou à une autre entreprise ferroviaire, ce qui est économiquement favorable dans le cadre d'un petit atelier.

L'atelier neuf, même ainsi optimisé, présente encore une réserve importante - un atelier du même type de la Odenwaldbahn (ligne ferroviaire en Allemagne) réalise la maintenance pour 22 rames qui produisent environ 2 millions train.km annuels. Nous supposons pour le modèle que l'atelier est utilisé et financé à 50% par des acteurs externes, cela pourrait être un Opérateur Ferroviaire de Proximité à créer dans la région, une autre convention TER ou la maintenance des wagons de fret.

Impact de l'ouverture à la concurrence dans le transport régional ferroviaire de voyageurs sur la consommation d'énergie et sur les émissions de carbone.

Le choix de la construction d'un atelier neuf peut sembler coûteux au niveau de l'investissement. Il a cependant des avantages considérables : un nouvel atelier permet à l'autorité organisatrice de profiter des gains de productivité, de sortir de la dépendance du monopole SNCF dans la maintenance et de créer dans ce domaine aussi un marché. Dans le cadre d'une politique de transports ambitieuse, l'atelier alternatif représente un avantage pour des futures mises en délégation. Ainsi sont aussi minimisés les parcours haut-le-pied. Les résultats de la modélisation affirment la validité de ce choix.

### **4.3.3 Infrastructure**

Le coût de l'infrastructure est calculé sur la base des prix du barème RFF 2010<sup>18</sup>. Dans ce coût sont intégrées la redevance de réservation et la redevance de circulation. La redevance forfaitaire d'accès versée directement par l'Etat à RFF, n'est pas prise en compte.

Pour l'actualisation des sommes futures, le taux de 4,0% fixé par le Commissariat général du plan (rapport du 21 janvier 2004) est retenu. C'est environ 2,25% au-dessus de l'inflation des 10 dernières années (1,736%<sup>19</sup>).

Dans le scénario 1, on suppose un aller-retour quotidien haut-le-pied (sans voyageurs) Colmar – Mulhouse-Nord (44 km). Dans les scénarios 2 et 3, le kilométrage de voyages haut-le-pied est environ dix fois moins important grâce à l'atelier sur place.

### **4.3.4 Energie**

Le coût de l'énergie sur cette ligne non électrifiée est essentiellement celui du diesel. Dans le modèle, les tronçons à vitesse constante, ceux d'accélération et de décélération sont distingués avec les valeurs correspondant au poids du véhicule. Le coût du diesel est calculé sur la base du diesel sans TIPP.

Pour les arrêts à la demande dans le scénario 3, nous estimons que 20% des gares sont passées sans arrêt. Cette estimation est établie à partir du tableau des comptages en gare, qui montre que 7 des 14 gares sur la ligne ont actuellement une fréquentation inférieure à 2 montées + descentes par train circulant sur la ligne.

### **4.3.5 Personnel roulant**

Le personnel roulant comprend les conducteurs et le personnel d'accompagnement.

Selon les informations que nous avons pu nous procurer concernant les frais de personnel de la SNCF, nous constatons pour le scénario 1 un revenu de base du personnel relativement

---

<sup>18</sup> NOR :DEV0828337A Version consolidée au 12/12/2010, [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)

<sup>19</sup> Source : <http://de.global-rates.com/wirtschaftsstatistiken/inflation/verbraucherpreisen/vpi/frankreich.aspx>

faible avec des primes assez importantes. La prime la plus importante est la prime de parcours, relative aux kilomètres parcourus, qui profite surtout aux conducteurs TGV et grandes lignes, beaucoup moins à ceux du transport régional.

Nous estimons pour un opérateur en délégation de service public dans les scénarios 2 et 3 qu'un salaire de base plus élevé qu'à la SNCF et des primes moins importantes se mettra en place, ce qui situera la somme environ 10% en dessous du niveau de la SNCF. Comme on ne connaît pas encore les conditions futures du marché du travail dans ce secteur, une incertitude sur ce point persiste.

Faute de données disponibles, nous nous sommes basés pour la fourche des salaires sur des salaires estimés à la RATP<sup>20</sup> en 2007.

Les charges sociales de l'employeur présentent une plus grande différence que les salaires mêmes : très élevées (56,6%) à la SNCF (scénario 1) comparées au secteur privé (37,8%, scénario 2 et 3) ou encore à d'autres pays européens<sup>21</sup>.

Le nombre des effectifs nécessaires est calculé sur la base des heures de roulement, arrondi vers le haut à 0,5 postes. Nous estimons que la productivité d'un agent de conduite SNCF, calculée en heures de conduite devant un train de voyageurs, est d'environ 640 heures annuelles (4,2 heures par jour multiplié par 152,5 jours). Pour un opérateur privé, cette somme serait de 1.058 heures (6,0 heures par jour multiplié par 176,3 jours), se rapprochant du niveau observé pour les entreprises ferroviaires en Allemagne, en tenant compte de la semaine de 35 heures (40 heures en Allemagne).

Actuellement, tous les trains sur Colmar – Metzeral sont accompagnés par du personnel d'accompagnement. Pour faire la comparaison à conditions égales dans le modèle, nous supposons que la région veut maintenir ce taux de 100% d'accompagnement pour les trois scénarios.

### **4.3.6 Surveillance et sécurité**

Pour ce poste de coût, nous supposons que les salaires égaux ou proches du SMIC de ce secteur restent identiques pour les trois scénarios, avec cependant la différence des charges sociales de l'employeur de 56,6% pour la SNCF et 37,8% pour le secteur privé.

### **4.3.7 Charges de structure**

Dans le scénario 1 nous supposons qu'à la SNCF il n'y a pas de structure dédiée à une seule ligne, mais la facturation d'une proportion de l'administration générale. Nous disposons des

---

<sup>20</sup> <http://costkiller.net/salaires/salaires-RATP-Salaires-Remunerations.htm>

<sup>21</sup> La France occupe en 2010 la 4eme place des 27 pays de l'UE : EU-Vergleich der Arbeitskosten und Lohnnebenkosten für das Jahr 2010, Statistisches Bundesamt 11.04.2011 ([http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2011/04/PD11\\_\\_143\\_\\_624,templatelId=renderPrint.psmI](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2011/04/PD11__143__624,templatelId=renderPrint.psmI))



éléments qui permettent d'estimer l'ordre de grandeur des charges de structure à la SNCF, recalculées en 8 postes aux différents niveaux. S'y ajoutent les charges sociales de l'employeur de 56,6%.

Dans le scénario 2, l'opérateur délégataire va probablement mettre en place une structure légère avec une polyvalence accrue des agents. Nous supposons un total de 5 personnes : un directeur avec une personne au secrétariat, et une administration de trois personnes intégrant les fonctions d'ingénieur, d'économiste, de spécialiste du marketing et de bureau de paie. Cette structure est proche du minimum nécessaire pour une petite entreprise et ne s'agrandira que d'une personne dans le scénario 3.

Pour un opérateur en délégation de service public, nous estimons un salaire également environ 10% en dessous du niveau de la SNCF, estimé selon les bases décrits dans chapitre **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Les charges sociales de l'employeur sont de 37,8% pour le secteur privé.

#### 4.3.8 Marge opérationnelle

Sur la marge opérationnelle de la SNCF (scénario 1), peu de chiffres sont publiés. La marge de la branche SNCF PROXIMITES, mentionnée dans les rapports financiers de la SNCF (4,6% en 2009<sup>22</sup>, 7,2% en 2008<sup>23</sup>), peut être invoquée, mais le TER ne représente qu'environ 50% de l'activité PROXIMITES (3.327 / 6.579 M€ en 2009, 3,166 / 6.340 M€ en 2008) qui englobe aussi les activités Kéolis, Effia, Transilien et Corail Intercités.

Selon une thèse récente<sup>24</sup>, les versements d'une rémunération pour risques et aléas sont limités entre 2,15% et 3,7% selon les conventions examinées : Limousin 2002-2011 : 2,15%, Pays de la Loire 2002 : 3,25%, PACA 2005 : 3,7%, Rhône-Alpes 2002-2006 : 3,5% (p. 248-260). Selon la même source, la « rémunération de l'exploitant » dans la convention Alsace est incluse dans les charges C1 forfaitisées, et de ce fait n'apparaît pas en tant que telle dans la facture (p.298).

A partir de ces chiffres, nous supposons une marge opérationnelle probable de l'ordre de 3% sur le chiffre d'affaires des postes de coûts comprenant un risque, c'est-à-dire hors péages et matériel roulant, ce dernier appartenant à la région.

Pour les scénarios 2 et 3, un opérateur privé va calculer sa marge opérationnelle pour une délégation de service public correspondant à son niveau de risque. Le risque est plutôt faible dans le cas d'un contrat longue durée où les risques des investissements majeurs – véhicules et atelier – sont pris en charge par l'autorité organisatrice.

---

<sup>22</sup> [www.sncf.com/Finance/pdf/fr/rapport\\_financier/2009/Rapport\\_financier\\_2009\\_Groupe\\_SNCF\\_FR.pdf](http://www.sncf.com/Finance/pdf/fr/rapport_financier/2009/Rapport_financier_2009_Groupe_SNCF_FR.pdf), page 13

<sup>23</sup> [www.sncf.com/Finance/pdf/fr/rapport\\_financier/2008/SNCF\\_RF2008.pdf](http://www.sncf.com/Finance/pdf/fr/rapport_financier/2008/SNCF_RF2008.pdf), page 11

<sup>24</sup> Le transport régional ferroviaire de voyageurs en France : A la lumière de la théorie néo-institutionnaliste et des comptes de surplus, Demaris 2010

Nous supposons qu'une marge opérationnelle de 6% sur le chiffre d'affaires hors péages et matériel roulant est adaptée et pratiquée pour ce type de convention. Les informations disponibles sur les résultats des entreprises en Allemagne laissent supposer qu'en réalité c'est souvent moins.

#### **4.3.9 Recettes**

Les données de la fréquentation des gares sur la ligne sont disponibles, permettant le calcul des voyageurs.km. Pour les scénarios 1 et 2, les voyageurs.km sont multipliés par la recette moyenne en Alsace de 11,4 ct/voy.km, dont 7,1 ct/voy.km de recettes directes et 4,3 ct/voy.km de compensation des tarifs sociaux.

Pour l'offre cadencée intégrale dans le scénario 3, l'élasticité est établie avec une valeur de 0,90.

Les recettes de l'opérateur sont calculées en déduisant 15% de frais de vente. On suppose que le délégataire ne créera pas de réseau propre de vente et paiera à la SNCF une provision proche de celle que la SNCF facture aux régions (p.ex. 13,9% dans la facture de la région Centre 2004).

Ce coût pourrait possiblement être réduit par l'équipement des six rames d'automates embarqués (variante plus favorable que l'équipement des 14 stations). Dans ce cas, les titres de transport concernant les relations (largement majoritaires) sans correspondance engendreraient un coût inférieur au transporteur. En revanche, les clients ayant des destinations en correspondance seraient pénalisés par l'achat de plusieurs tickets, et cela remettrait en cause les correspondances courtes.

Nous estimons que la recette par voyageur.km restera stable dans le temps. Nous estimons que la tendance observée en France à la baisse des recettes par voy.km sera compensée par une augmentation des voyageurs en soirée et en week-end qui n'ont pas d'abonnement et payent un tarif plus cher au km.

## 4.4 IMPACT SUR LES DIFFERENTS COMPOSANTES DU COUT

### 4.4.1 Répartition des économies selon les différentes composantes du coût

#### 4.4.1.1 Par mise en délégation : 4,10 €/train.km

En comparaison de scénario 2 au scénario initial, les économies réalisables par une mise en délégation se répartissent sur les composantes du coût comme suit :

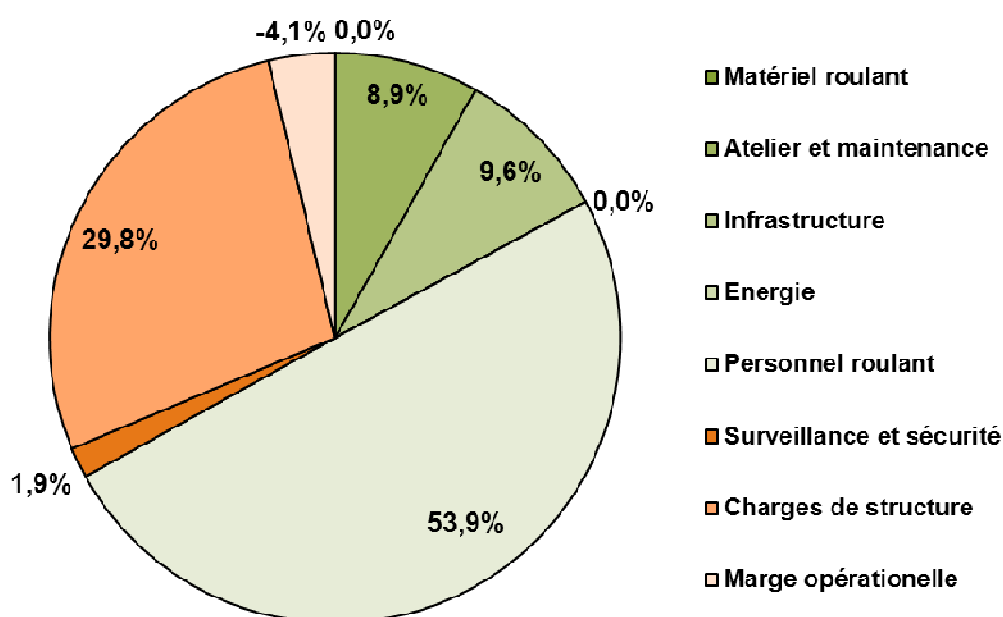


Figure 31 Répartition des économies par mise en délégation

Les facteurs principaux d'économies sont :

- personnel roulant (~50%) ;
- charges de structure (~30%) ;
- atelier/maintenance et infrastructure (~20%).

Le dessin du diagramme est légèrement biaisé car il ne prend pas en compte les valeurs négatives (marge opérationnelle), les pourcentages sont correctes.

L'influence de la marge opérationnelle plus élevée d'un délégataire reste limitée (4%).

#### 4.4.1.2 Par étalement et cadencement de l'offre : 2,23 €/train.km

En comparaison de scénario 3 au scénario 2, les économies réalisables par l'étalement et le cadencement de l'offre se répartissent sur les composantes du coût comme suit :

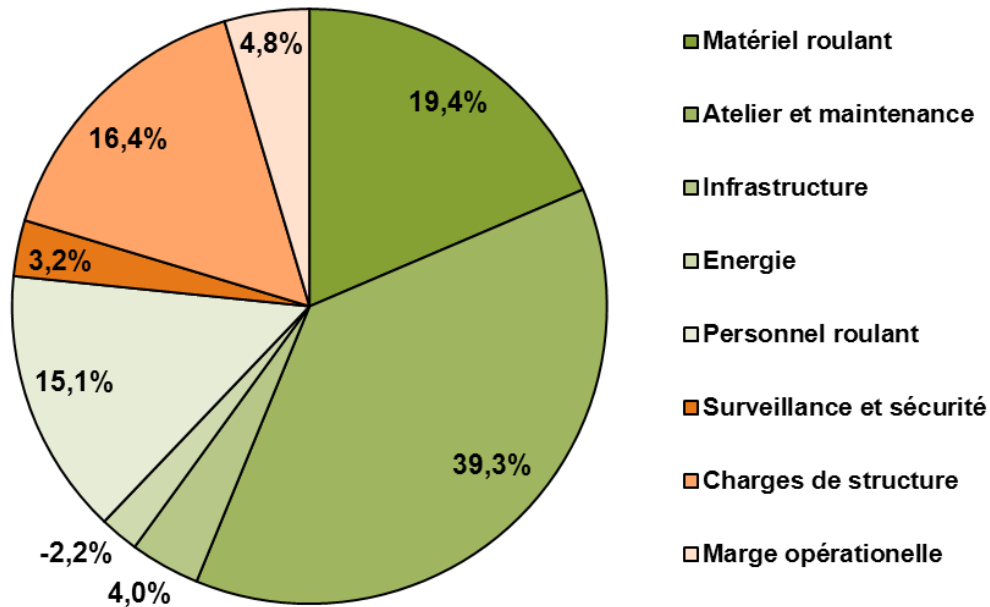


Figure 32 Répartition des économies par cadencement de l'offre

Les facteurs principaux d'économies sont :

- matériel roulant et atelier/maintenance (~60%)
- charges de structure et marge opérationnelle (~20%)
- personnel roulant (~15%).

#### 4.4.2 Matériel roulant

Le matériel roulant représente environ 8 à 10% du coût global des services modélisés.

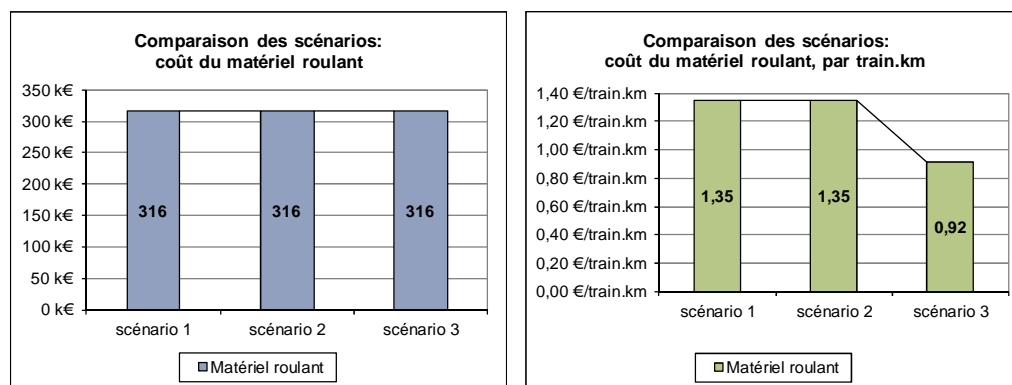


Figure 33 Comparaison des scénarios \: matériel roulant

Dans les trois scénarios, le même matériel (six X 73500) est utilisé, avec le même financement par la région.

- Le coût du matériel roulant en valeur absolue est identique dans les trois scénarios (316.000 € par an).

Rapporté au train.km, les scénarios 1 et 2 à offre identique ont un résultat identique de 1,35 €/train.km.

Dans le scénario 3, le matériel est utilisé de façon plus continue – plus longtemps le soir, en période creuse et le week-end. Cela induit une baisse du coût unitaire de la mise à disposition et du financement du matériel roulant de 0,43 €/train.km. Les autres composantes du coût restent inchangées.

- La meilleure productivité induite par l'horaire entièrement cadencé fait baisser le coût du matériel roulant de 0,43 € par train.km.

#### 4.4.3 Atelier et maintenance

L'atelier et la maintenance représentent environ 16 à 20% du coût global des services modélisés.

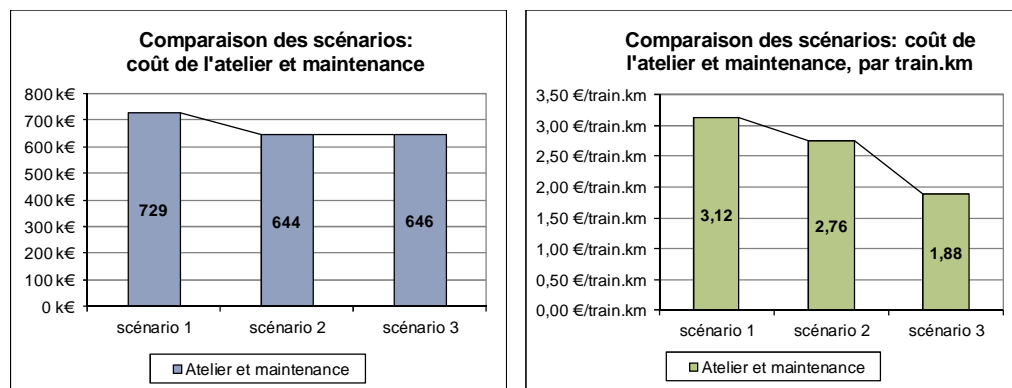


Figure 34 Comparaison des scénarios : atelier

Le coût du bâtiment et de l'équipement de l'atelier ne représente qu'environ 15-20% de ce poste de charges. Les frais de personnel sont dominants dans ce poste de charges.

Sous les conditions supposées – utilisation de Mulhouse-Nord à 10% (SNCF) ou un nouvel atelier sur la ligne à 50% (DSP) – le coût de financement de l'atelier reste dans le même ordre de grandeur entre les scénarios.

La forte augmentation de l'offre dans le scénario 3 n'entraîne pas pour autant une augmentation similaire du coût qui, pour le même nombre de véhicules, reste quasiment stable.

En valeur absolue, le coût baisse entre les scénarios 1 et 2 / 3 ; l'entreprise délégataire présente une meilleure productivité du personnel, des charges sociales moins importantes

et un niveau salarial supposé légèrement inférieur. Pour le même nombre de véhicules, le coût reste inchangé entre les scénarios 2 et 3.

Rapporté au train.km, il y a deux facteurs d'influence à observer :

- La baisse de coût due à la meilleure productivité du personnel d'une entreprise délégataire est de 0,36 €/train.km entre les scénarios 1 et 2.
- La baisse de coût due à la meilleure productivité du matériel roulant grâce à l'horaire entièrement cadencé (scénario 3) est de 0,88 € par train.km.

L'atelier neuf, même optimisé, conserve encore une réserve importante. Un atelier du même type de la Odenwaldbahn réalise la maintenance de 22 rames qui produisent environ 2 millions train.km annuels.

- Pour des conventions de service plus grandes, on peut s'attendre à des économies supplémentaires dans ce poste de coût.

#### 4.4.4 Infrastructure

Le coût de l'infrastructure ferroviaire RFF (hors redevance d'accès) représente environ 18 à 24% du coût global des services modélisés.

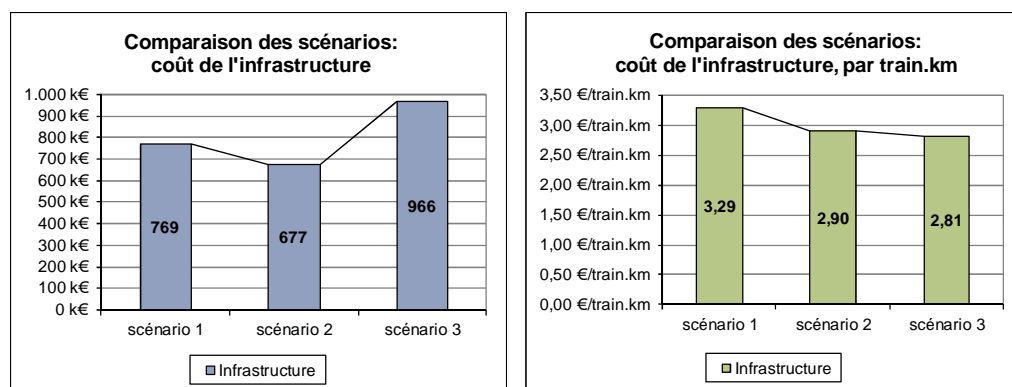


Figure 35 Comparaison des scénarios : infrastructure

La différence entre les scénarios 1 et 2 s'explique par la présence de l'atelier neuf sur la ligne qui réduit fortement les parcours haut-le-pied (sans voyageurs).

- La présence d'un atelier sur la ligne permet une réduction du coût de l'infrastructure de 0,39 €/train.km.

Le coût de l'infrastructure dans le scénario 3 augmente en valeur absolue, RFF voit sa redevance augmenter de 289.000 € (soit 43%). Le coût de l'infrastructure de l'offre cadencée, ramené au train.km, est cependant légèrement moins élevé, car l'offre supplémentaire utilise plus de sillons le soir et le week-end à moindre coût.

La redevance d'accès, un forfait par région, actuellement versée directement par l'état à RFF, est exclue du calcul dans ce modèle. Le montant de cette redevance est cependant assez

important : pour l'Alsace la redevance d'accès représente 49.661.700 € au total (2010). Il convient de répartir cette redevance forfaitaire selon les kilométrages de ligne. Dans ce calcul, RFF reçoit 1.913.715 € pour Colmar – Metzeral, quel que soit le scénario.

- Il est intéressant de noter que, rapporté au train.km, la redevance d'accès descend de 8,19 €/train.km dans les scénarios 1 et 2 à 5,56 €/train.km dans le scénario 3. Cela reflète la meilleure utilisation de l'infrastructure dans le scénario 3 par une offre plus dense.

#### 4.4.5 Energie

Le coût de l'énergie représente environ 5 à 9% du coût global des services modélisés.

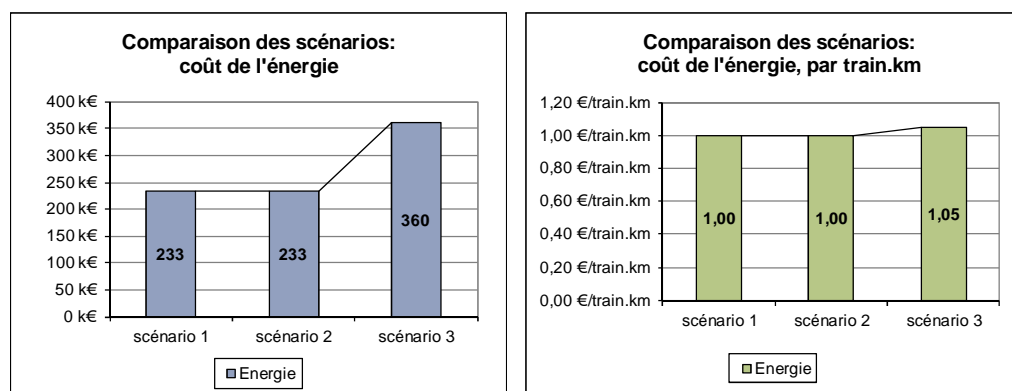


Figure 36 Comparaison des scénarios : énergie

Le coût de l'énergie par train.km reste quasiment identique entre les scénarios.

Entre les variantes 1-2 et 3, il y a cependant un changement important : la plupart des arrêts intermédiaires sont transformés en arrêts à la demande. Ainsi, dans l'horaire de service, tous les arrêts sont desservis par tous les trains. Le nombre d'arrêts réels, consommateurs en énergie et surtout en traction thermique, augmente beaucoup moins.

- Le coût énergétique de la desserte théorique de tous les arrêts par tous les trains en arrêt à la demande est de 0,05 €/train.km.

Rappelons qu'actuellement le train ne marque pas tous les arrêts (seul un train sur deux environ s'arrête à Munster-Badischhof, Gunsloch-Griesbach, Welach-La Forge, St-Gilles et Colmar-Mésanges).

#### 4.4.6 Personnel roulant

Le coût des conducteurs et du personnel d'accompagnement représente environ 25 à 32% du coût global des services modélisés.

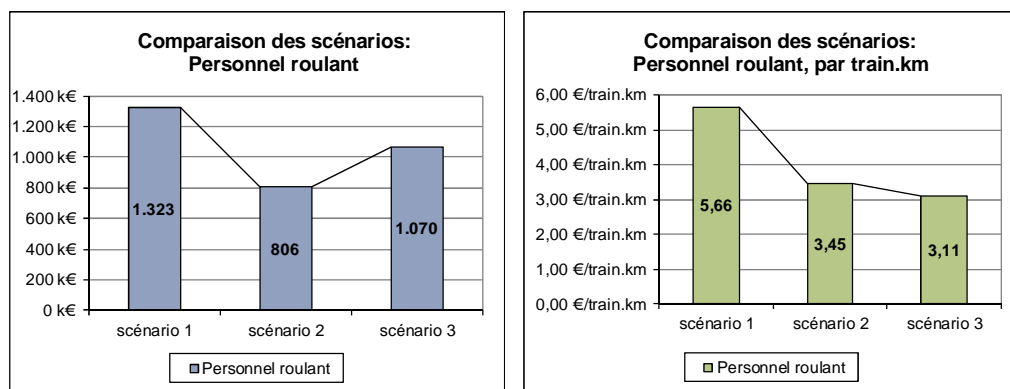


Figure 37 Comparaison des scénarios : conducteurs et personnel d'accompagnement

Il s'agit ici essentiellement des frais de personnel. L'entreprise délégataire présente une meilleure productivité du personnel, des charges sociales moins importantes et un niveau salarial supposé inférieur de 10% à celui de la SNCF.

- La baisse de coût due à la meilleure productivité du personnel d'une entreprise délégataire avec le niveau de salaires supposé est de 2,21 €/train.km (soit 39%), entre les scénarios 1 et 2.

Dans le scénario 3, les frais de personnel à bord reviennent en valeur absolue au même niveau que le scénario 1, pour 47% d'offre supplémentaire.

- La baisse de coût due à la meilleure productivité du personnel par l'horaire continu car entièrement cadencé est de 0,34 €/train.km, soit 10%, entre les scénarios 2 et 3.

Pour faire la comparaison à conditions égales dans le modèle, nous supposons que la région veut maintenir le taux d'accompagnement de 100% pour les trois scénarios.

Il est cependant envisageable de renoncer à l'accompagnement de tous les trains par un contrôleur. La FNAUT, tout en soulignant les atouts de l'accompagnement, estime acceptable les circulations avec un seul agent du point de vue des usagers, pour les lignes RER et Transilien (comme c'est déjà pratiqué), tram-trains et les lignes rurales à faible trafic.

- Si l'autorité organisatrice décide le remplacement des contrôleurs permanents par des contrôleurs volants, des économies supplémentaires de l'ordre de 1,00 à 1,80 €/train.km selon les scénarios, seraient possibles.

#### 4.4.7 Surveillance et sécurité

Le coût des agents de surveillance et de sécurité représente environ 3% du coût global des services modélisés.



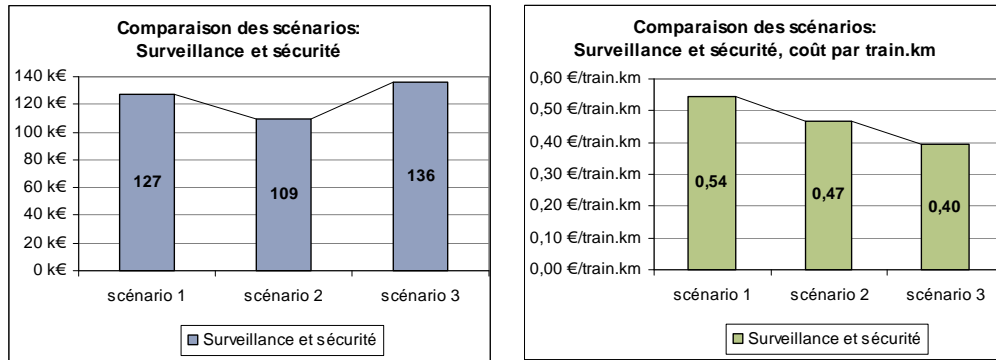


Figure 38 Comparaison des scénarios : Surveillance et sécurité

Le coût des agents de surveillance et de sécurité reste au même niveau entre les scénarios 1 et 2 avec un niveau semblable des salaires. Un opérateur privé ne va probablement pas favoriser des économies dans ce secteur sensible, mais il lui reste l'avantage des charges sociales moins importantes.

Quelques économies sont cependant possibles par une meilleure productivité du personnel en passant à un horaire entièrement cadencé et ce poste de charges augmente moins que le volume de l'offre dans le scénario 3.

#### 4.4.8 Charges de structure

Les charges de structure représentent environ 10 à 15% du coût global des services modélisés.

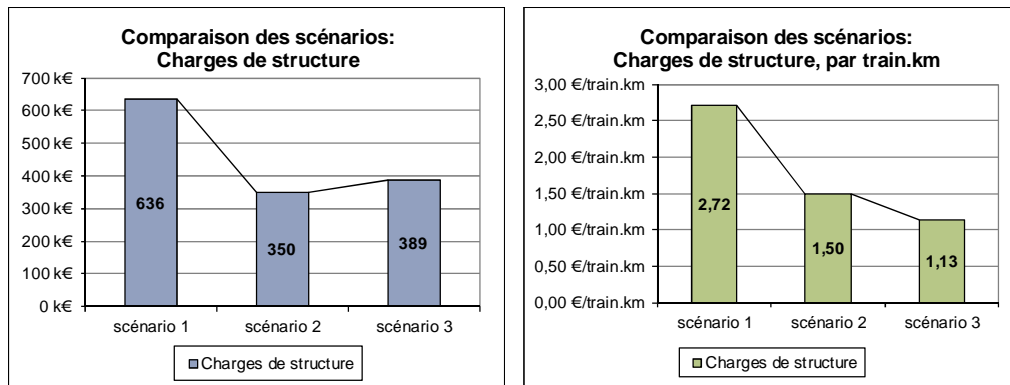


Figure 39 Comparaison des scénarios charges de structure

Il s'agit ici essentiellement des frais de personnel.

Selon les informations disponibles, les charges de structure de la SNCF sont assez élevées dans le scénario 1, représentant un sixième du coût global du TER. Forcément, une grande entreprise a une structure plus lourde qu'une petite. De plus, l'attribution exacte des charges de structure au TER Alsace est difficile : dans une grande entreprise intégrée, il y a aussi une marge de manœuvre dans l'allocation exacte des postes de charges aux coûts des différents services.

L'entreprise délégataire présente une structure plus légère et plus polyvalente. S'y ajoutent des charges sociales moins importantes et un niveau salarial supposé inférieur de 10%.

- La baisse de coût due à la meilleure productivité du personnel d'une entreprise délégataire est de 1,22 €/train.km (soit 45%) entre les scénarios 1 et 2.

La comparaison entre les scénarios 2 et 3 montre un effet de volume important. Les charges de structure n'augmentent que peu en valeur absolue et baissent fortement ramenées au volume de l'offre.

- La baisse de coût due à l'effet de volume est de 0,37 €/train.km (soit 24%) entre les scénarios 2 et 3.

#### 4.4.9 Marge opérationnelle

La marge opérationnelle représente entre 2% et 4% du coût global des services modélisés.

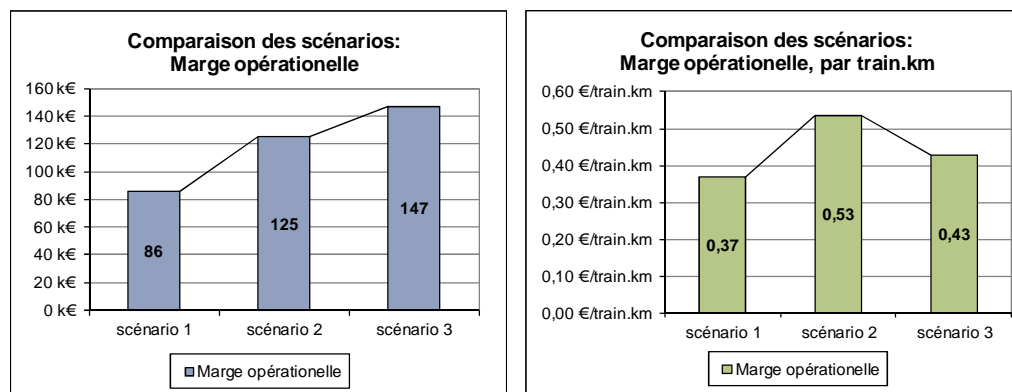


Figure 40 Comparaison des scénarios marge opérative

La marge opérationnelle est plus importante dans le cas d'une délégation de service public que dans les conventions de service région – SNCF en vigueur. Cette différence s'explique par le niveau de risque plus élevé d'une entreprise privée.

- Rapportée au train.km, la différence est de +0,17 €/train.km entre les scénarios 1 et 2.
- Entre les scénarios 2 et 3 la marge opérationnelle baisse de 0,11 €/train.km, conforme au coût unitaire en baisse, ce qui limite la hausse de la marge à +0,06 €/train.km entre les scénarios 1 et 3.

Dans une situation concurrentielle, l'opérateur doit calculer sa marge dans la limite du niveau indispensable en lien avec son niveau de risque. Sous condition d'une convention de service bien faite, ses possibilités de rabattre des coûts supplémentaires sur le pouvoir public sont limitées.

Dans les conventions régions – SNCF, on est dans une logique de couverture des coûts d'une entreprise en situation de monopole. Il existe une marge de manœuvre dans l'allocation exacte des postes en question au coût des différents services. De ce fait, la marge réelle de la SNCF dans les services TER peut différer de la marge affichée.

#### **4.4.10 Recettes**

Les recettes directes (vente des billets) couvrent environ 18 à 27% du coût global des services modélisés. S’y ajoutent 12 à 19% de recettes secondaires – compensations de l’Etat pour des tarifs sociaux.

- Les recettes entre les scénarios 1 et 2 ne varient pas, compte tenu de l’offre identique ;
- Le volume de l'offre plus important dans le scénario 3 (+47%) induit une augmentation conséquente des recettes de 45%.

## 4.5 IMPACT SUR LE MONTANT DE LA SUBVENTION D'EQUILIBRE

### 4.5.1 Le coût du TER en Alsace

Le coût du TER dans la région Alsace peut être estimé sur la base des chiffres bruts de l'enquête réalisée par la revue Ville, Rail & Transports N° 517 - 06/04/2011.

Pour extraire de ces chiffres les coûts et les recettes du TER Alsace et les rendre ainsi comparables aux résultats de cette enquête, le budget est analysé.

Pour arriver au budget consacré à l'exploitation TER, la compensation des tarifs sociaux (remboursés par l'Etat) et les sommes dédiées aux investissements (gares, infrastructure) sont déduites du budget TER Alsace. A ce budget sont additionnées les recettes (directes et compensations sociales). Les chiffres sont recalculés sur l'année de base 2010 avec l'indice du modèle de 1,50%.

	2009 Total M€	2009, par train.km	2010, par train.km	Notes
Budget TER Alsace	171,97	17,78 €	18,05 €	indice 1,5% 2009-2010
dont compensation tarifs sociaux	33,92	3,51 €	3,56 €	remboursé par l'Etat
Budget net TER Alsace	138,06	14,27 €	14,49 €	
dont autres (rénovation gares, infrastructure)	19,17	1,98 €	2,01 €	
Budget net exploitation TER (=subvention à l'exploitation)	118,89	12,29 €	12,48 €	exploitation, péages et matériel roulant
dont exploitation	87,71	9,07 €	9,20 €	y compris péages (37,483 M€)
dont investissement matériel roulant	31,18	3,22 €	3,27 €	
Recettes TER	89,85	9,29 €	9,43 €	
dont recettes directes et autres	56,25	5,81 €	5,90 €	
dont compensations sociales	33,92	3,51 €	3,56 €	versé par l'Etat
Coût total TER Alsace	208,73	21,58 €	21,90 €	budget exploitation plus total recettes

Figure 41 Coût du TER en Région Alsace

En résultat, le coût total du train.km en 2010 est de 21,90 €, y compris le matériel roulant (3,27 €/train.km) et les péages (3,87 €/train.km). En déduisant les recettes directes (5,90 €/train.km) et la compensation des tarifs sociaux (3,56 €/train.km), la subvention nette de la région s'élève à 12,48 € par train.km en moyenne régionale.

Le taux de couverture des services TER Alsace s'élève à 26,95% calculé sur la base des recettes directes, et à 43,04% calculé sur la base des recettes comprenant la compensation des tarifs sociaux.

Le coût total des services TER Alsace s'élève à 26,4 ct/voyageur.km, les recettes directes à 7,1 ct/voyageur.km, la compensation des tarifs sociaux à 4,3 ct/voyageur.km.

## 4.5.2 Le coût du TER Colmar – Metzeral selon les scénarios

### 4.5.2.1 Scénario 1 – Récapitulation de la situation actuelle

Dans le scénario 1 (voir 4.2.2.2), le coût de la SNCF pour l'horaire de service 2010 (voir annexe 5.2) est modélisé. Il sert de scénario de base modélisant la reconstitution de la situation actuelle.

Les chiffres clés du scénario 1 sont :

	Annuel	Par train.km
volume de l'offre (trains.km)	233 700	
fréquentation (voyageurs.km)	12 200 000	
nombre d'employés	42	
taux de couverture (des recettes et compensations)	30,0 %	
coût de l'offre	4,219 M€	18,05 €
recettes (directes et compensations)	1,267 M€	5,42 €
subvention de la région	2,952 M€	12,63 €

Figure 42 Scénario 1, chiffres clés

Note : coût de l'offre et montant de la subvention comprennent matériel roulant et péages

Le coût global se répartit sur les principales composantes du coût comme suit :

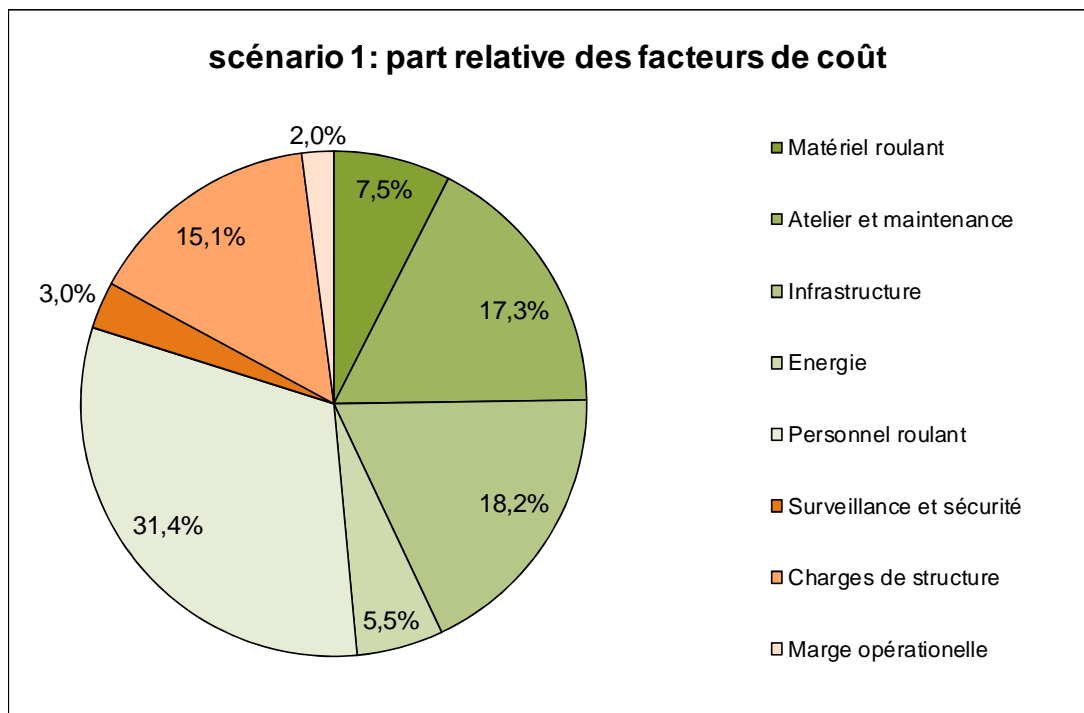


Figure 43 Scénario 1, part relative des composantes du coût

### Vérification du résultat pour Colmar – Metzeral en comparaison avec la moyenne du TER Alsace

Par les effets croisés d'un coût de production et des recettes moins importants, la subvention par train.km est assez proche de la moyenne régionale :

	Colmar-Metzeral	Alsace	Variation
taux de couverture (recettes et compensations)	30,0 %	43,0%	-13 points
coût de l'offre	18,05 €/train.km	21,90 €/train.km	-14 %
recettes (directes et compensations)	5,42 €/train.km	9,43 €/train.km	-43 %
subvention de la région	12,63 €/train.km	12,43 €/train.km	+1,5 %

Figure 44 Comparaison Colmar-Metzeral à la moyenne régionale

Vu que Colmar – Metzeral est une ligne secondaire exploitée avec peu de complexité et des autorails neufs, le résultat de la modélisation semble plausible également par rapport aux chiffres régionaux disponibles.

#### 4.5.2.2 Scénario 2 – Délégation de service public, horaire inchangé

Dans le scénario 2 (voir 4.2.2.3), le coût d'un opérateur privé en délégation de service public, désigné par un appel d'offres, pour une offre inchangée (horaire de service 2010, voir annexe 5.2), est modélisé. Ce scénario vise à déterminer l'influence du type d'opérateur et de contrat sur le prix du TER pour les pouvoirs publics.

Les chiffres clés du scénario 2 sont :

	Annuel	Par train.km
volume de l'offre (trains.km)	233 700	
fréquentation (voyageurs.km)	12 200 000	
nombre d'employés	31	
taux de couverture (recettes et compensations)	38,9 %	
coût de l'offre	3,260 M€	13,95 €
recettes (directes et compensations)	1,267 M€	5,42 €
subvention de la région	1,993 M€	8,53 €

Figure 45 Scénario 2, chiffres clés

NB : coût de l'offre et montant de la subvention comprennent matériel roulant et péages

Le coût se répartit sur les principales composantes du coût comme suit :

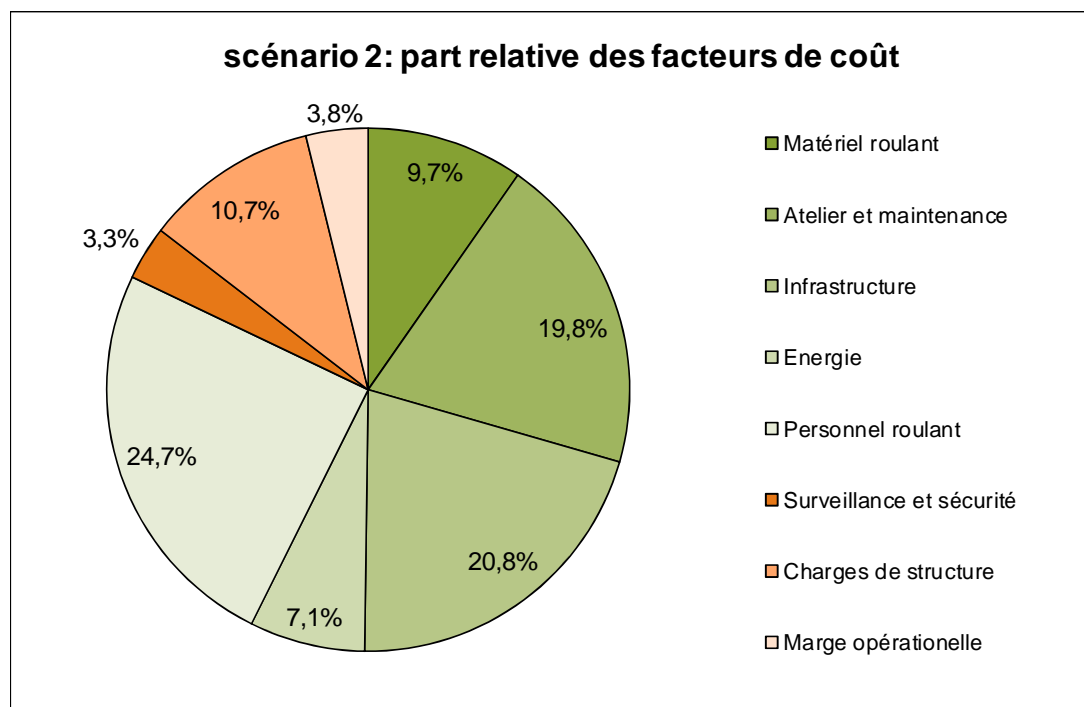


Figure 46 Scénario 2, part relative des composantes du coût

#### 4.5.2.3 Scénario 3 – Délégation de service public, horaire entièrement cadencé

Dans le scénario 3 (voir 4.2.2.4) le coût d'un opérateur privé en délégation de service public, désigné par un appel d'offres, pour un horaire de service entièrement cadencé (voir annexe 5.3), est modélisé. Ce scénario vise à déterminer l'influence du type d'horaire de sur le prix du TER pour les pouvoirs publics.

Les chiffres clés du scénario 3 sont :

	Annuel	Par train.km
volume de l'offre (trains.km)	344 000	
fréquentation (voyageurs.km)	17 500 000	
nombre d'employés	38	
taux de couverture (recettes et compensations)	53,3 %	
coût de l'offre	4,030 M€	11,71 €
recettes (directes et compensations)	1,835 M€	5,33 €
subvention de la région	2,195 M€	6,38 €

Figure 47 Scénario 3, chiffres clés

NB : le coût de l'offre et le montant de la subvention comprennent le matériel roulant et les péages.

Le coût se répartit sur les principales composantes du coût comme suit :

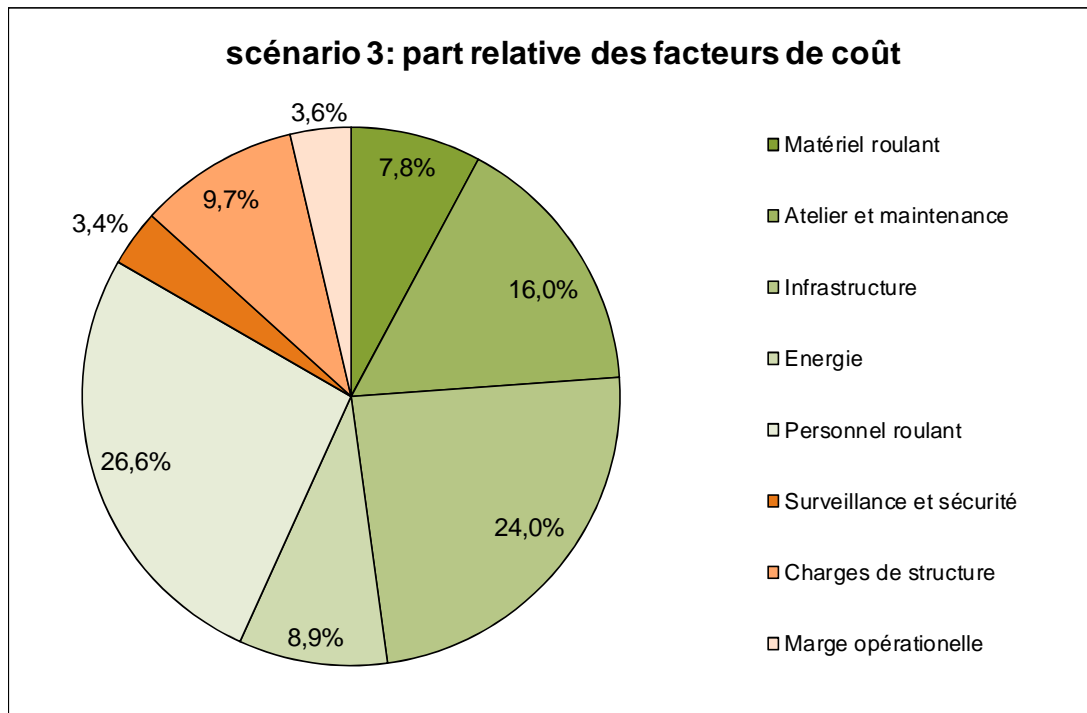


Figure 48 Scénario 3, part relative des composantes du coût



### 4.5.3 Comparaison des scénarios pour la ligne Colmar – Metzeral

Les résultats sont exploités sous deux aspects :

1. La considération des valeurs absolues en € permet d'évaluer les effets des scénarios sur le budget de la région ;
2. La considération des coûts unitaires de l'offre en € par train.km permet d'évaluer l'efficacité de l'argent public employé pour les services ferroviaires régionaux de voyageurs.

#### 4.5.3.1 Effets des scénarios sur le budget de la région

Le coût de l'offre ferroviaire dans les scénarios en € annuels se présente comme suit :

€ annuels	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
volume de l'offre (trains x km)	233 700	233 700	344 000
fréquentation (voyageurs.km)	12 200 000	12 200 000	17 500 000
nombre d'employés	42	31	38
taux de couverture	30,0 %	38,9 %	45,5 %
coût de l'offre	4,219 M€	3,260 M€	4,030 M€
recettes	1,267 M€	1,267 M€	1,835 M€
subvention de la région	2,952 M€	1,993 M€	2,195 M€

Figure 49 Coût, recettes et subvention selon les scénarios

Pour le détail des résultats, se référer aux annexes 5.9 et 5.10.

L'évolution des recettes et de la subvention en valeurs absolues se présente comme suit :

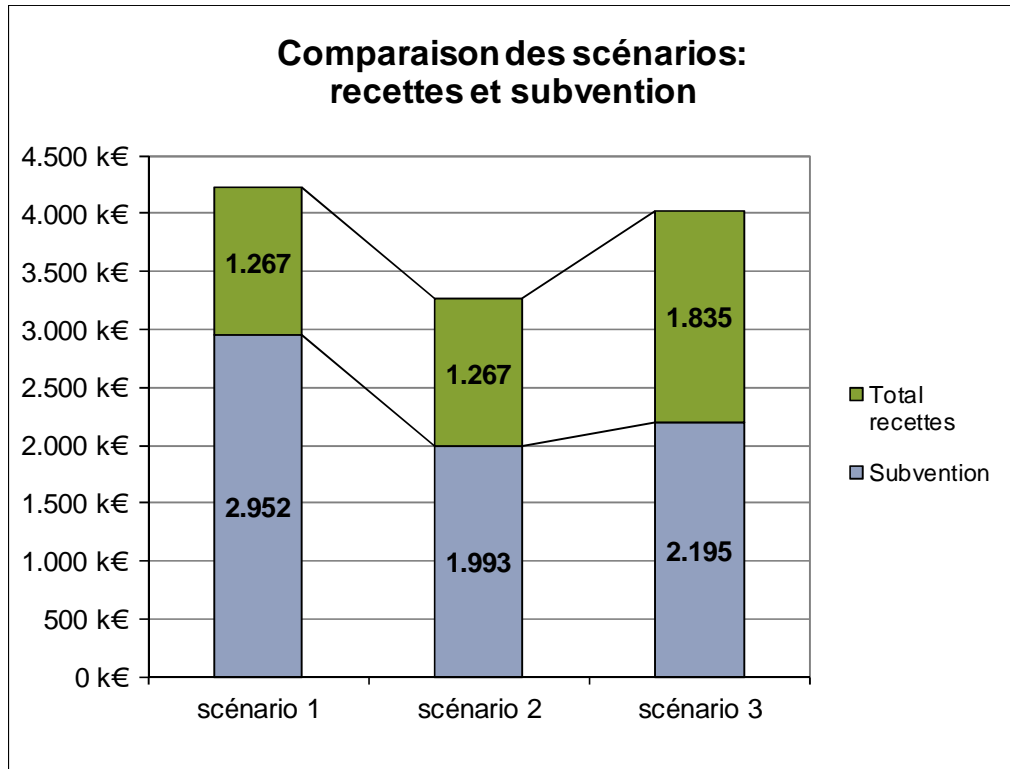


Figure 50 Recettes et subvention, selon les scénarios

Le découpage du coût par postes de charges, exposé au chapitre 4, se présente comme suit :

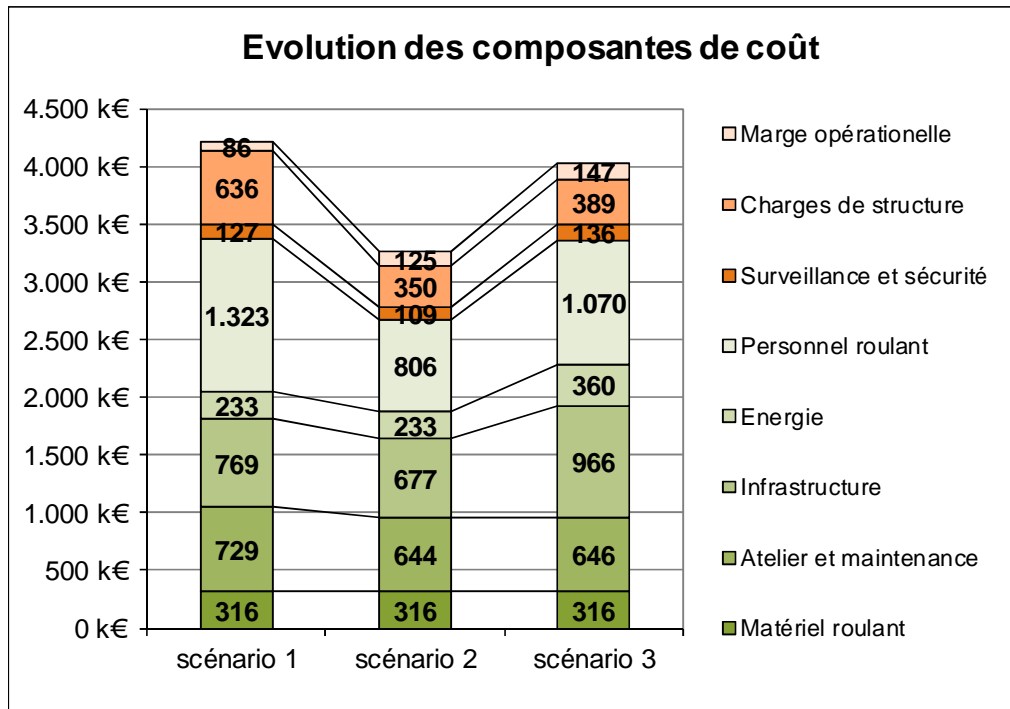


Figure 51 Evolution des composantes du coût

### **a) Influence de la mise en délégation (scénario 2 / scénario 1)**

L'évolution des chiffres clés du scénario 2 par rapport au scénario initial montre les effets d'une mise en délégation de service public de la ligne Colmar – Metzeral.

- Le coût global baisse de 959.000 € soit -22,7% ;
- A offre identique, la fréquentation et les recettes restent inchangées ;
- Le taux de couverture monte de 8,9 points à 38,9% ;
- La subvention publique baisse également de 959.000 € soit -32,5%.

Avec 32% d'économies, l'effet sur le budget de la région est important, l'effet sur la fréquentation est neutre.

### **b) Influence de l'offre cadencée (scénario 3 / scénario 2)**

L'évolution des chiffres clés du scénario 3 par rapport au scénario 2 montre les effets d'une offre entièrement cadencée de la ligne Colmar – Metzeral.

- Le coût global augmente de 770.000 € soit 23,6% ;
- l'offre augmente de 110.300 train.km ou 47% ;
- la fréquentation augmente de 5.300.000 voyageur.km ou 45% ;
- les recettes augmentent de 568.000 € ou 45% ;
- le taux de couverture monte de 6,7 points à 45,5% ;
- la subvention publique augmente de 202.000 M€ soit 10,1%.

Par rapport à l'augmentation importante du volume de l'offre (+47%), l'effet sur le budget de la région (+10%) est relativement limité. L'augmentation significative de la fréquentation (+45%) génère des recettes consécutives.

### **c) Faisabilité de l'offre cadencée dans le cas d'une mise en délégation (scénario 3 / scénario 1)**

L'évolution des chiffres clés du scénario 3 par rapport au scénario initial montre les effets combinés d'une mise en délégation de service public et d'une offre entièrement cadencée de la ligne Colmar – Metzeral.

- Le coût global dans le scénario 3 reste quasiment stable : -189.000 € soit -4,5% par rapport au scénario initial ;
- l'offre augmente de 110.300 train.km ou 47% ;
- la fréquentation augmente de 5.300.000 voyageur.km ou 45% ;
- les recettes augmentent de 568.000 € ou 45% ;

- le taux de couverture monte de 15,5 points à 45,5% ;
- la subvention publique baisse de 757.000 € soit -25,6%.

Le cadencement de l'offre avec une augmentation conséquente de la fréquentation peut être financé par une mise en délégation en conservant un allègement non négligeable (-25%) du budget régional.

#### 4.5.3.2 Effets des scénarios sur le coût unitaire

Le coût unitaire de l'offre ferroviaire (en € par train.km) se présente dans les scénarios comme suit :

€ par train.km	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
coût de l'offre	18,05 €	13,95 €	11,71 €
recettes	5,42 €	5,42 €	5,33 €
subvention de la région	12,63 €	8,53 €	6,38 €

Figure 52 Coût, recettes et subvention selon les scénarios, par train.km

Pour le détail des résultats se référer aux annexes 5.4 et 5.5.

Le coût unitaire du train.km dépend fortement du type de convention (-4,10 €/train.km par la mise en délégation), mais aussi du type d'horaire (-2,23 €/train.km par l'horaire entièrement cadencé). Etant donné que les recettes, avec une élasticité de 0,9 varient peu, l'effet sur le montant de la subvention est presque aussi prononcé : -4,10 €/train.km par la mise en délégation et -2,15 €/train.km par l'horaire entièrement cadencé.

L'évolution des recettes et de la subvention ramenés au train.km se présente comme suit :

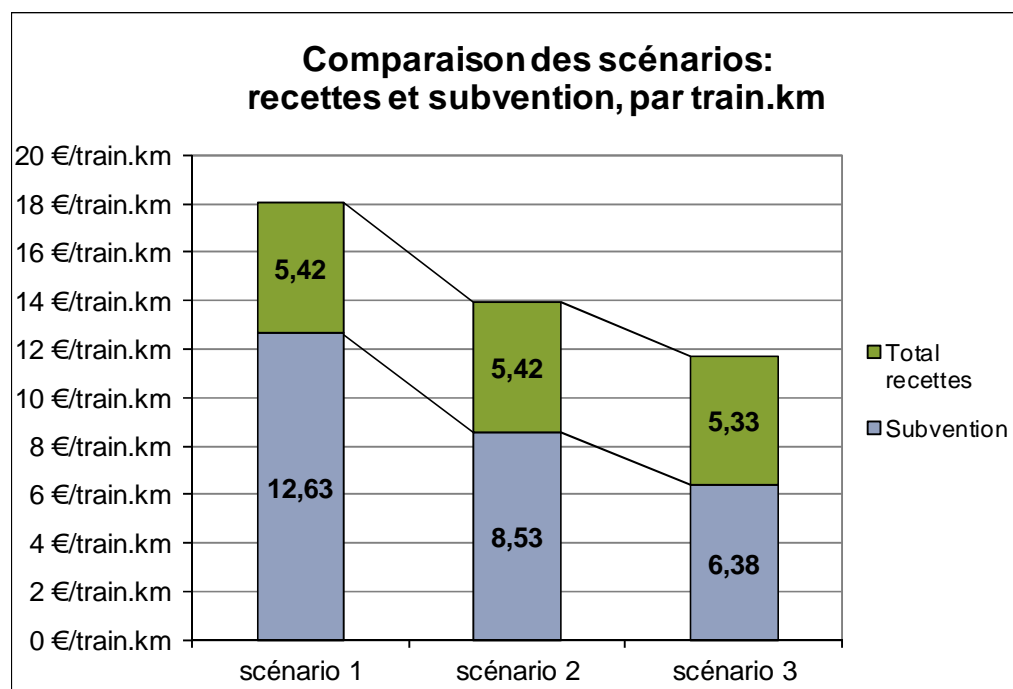


Figure 53 Comparaison des scénarios : recettes et subvention, par train.km

Parmi les composantes du coût, les économies les plus marquées concernent les charges de structure, les conducteurs, le personnel d'accompagnement et l'atelier.

Le découpage du coût en postes de charges se présente comme suit :

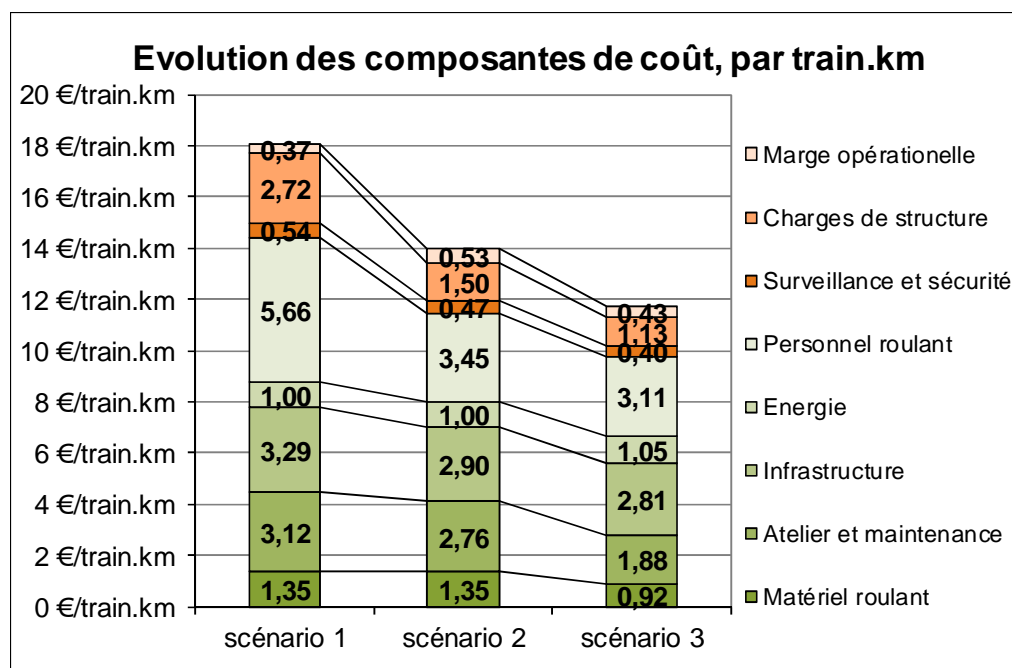


Figure 54 Evolution des composantes du coût, par train.km

#### a) Influence de la mise en délégation (scénario 2 / scénario 1)

- Le coût du train.km dans le scénario 2 baisse de 4,10 €, soit -22,7%, par rapport au scénario initial ;
- A offre identique, les recettes restent inchangées à 5,42 € par train.km ;
- La subvention publique par train.km baisse de 4,10 € soit -32,5%.

Ce résultat présente des économies importantes sur le budget régional avec un effet sur la fréquentation neutre.

L'efficacité de l'emploi des fonds publics affectés aux services ferroviaires régionaux de voyageurs augmente de près d'un tiers.

#### b) Influence de l'offre cadencée (scénario 3 / scénario 2)

- Le coût du train.km baisse de 2,23 € (soit -16,0%) par rapport au scénario 2 ;
- l'offre augmente de 110.300 train.km, (soit 47%) ;
- les recettes par train.km baissent de 0,09 € (soit -1,6%) ;
- La subvention publique par train.km baisse de 2,15 € (soit -25,2%).

L'augmentation importante du volume de l'offre (+47%) entraîne une baisse significative du coût unitaire (-16%).

L'efficacité de l'emploi des fonds publics affectés aux services ferroviaires régionaux de voyageurs augmente d'un quart.

### **c) Cumul des effets mise en délégation et offre cadencée (scénario 3 / scénario 1)**

- Le coût total du train.km baisse de 6,34 € (soit -35,1%) par rapport au scénario initial ;
- l'offre augmente de 110.300 train.km (soit 47%) ;
- les recettes par train.km baissent de 0,09 € (soit -1,6%) ;
- la subvention publique par train.km baisse de 6,25 €, soit -49,5%.

La combinaison des mesures de mises en délégation et d'augmentation du volume de l'offre entraîne une baisse massive du coût unitaire (-35%).

L'efficacité de l'emploi des fonds publics affectés aux services ferroviaires régionaux de voyageurs augmente de moitié.

#### **4.5.3.3 Influence du niveau des salaires**

Les valeurs du modèle reposent sur l'hypothèse d'un niveau de salaire pratiqué par le délégataire qui serait de 10% inférieur à celui pratiqué par la SNCF, toutes primes comprises. Pour trouver du personnel dans un marché en évolution ou par volonté politique, un opérateur privé pourrait éventuellement pratiquer un niveau de salaire égal à celui de la SNCF.

L'effet du niveau des salaires sur le coût du train.km et la subvention publique reste cependant limité :

- A salaires égaux, le coût annuel du délégataire dans scénario 2 augmente de 165.000 € ou 0,71 €/train.km.
  - Entre scénario 2 et 1 la subvention publique baisse de 26,9%, soit 5,6 points de moins par rapport à l'estimation retenue dans le modèle.
- A salaires égaux, le coût annuel du délégataire dans scénario 3 augmente de 197.000 € ou 0,57 €/train.km.
  - Entre scénario 3 et 1 la subvention publique baisse de 24,7%, soit 4,9 points de moins par rapport à l'estimation retenue dans le modèle.

Concernant le coût du personnel, les facteurs clés sont la productivité du personnel et dans une moindre mesure les charges sociales de droit commun.

# Conclusion





L'ouverture à la concurrence dans le transport ferroviaire régional de voyageurs est d'actualité<sup>25</sup>, mais peu de données chiffrées sont disponibles pour éclairer les décideurs en raison notamment du caractère confidentiel de tout ce qui concerne les coûts d'exploitation.

D'où l'intérêt de cette recherche, qui conduit à une estimation des coûts, des recettes et donc, par différence, de la subvention d'équilibre que la Région verse au transporteur.

Les décideurs pourront s'appuyer non seulement sur ces critères financiers, mais aussi sur des critères plus environnementaux. En effet, l'étude fournit aussi une estimation de l'impact de l'ouverture sur la consommation d'énergie et sur les émissions de carbone.

Enfin, cette recherche économique qui a été menée au niveau national<sup>26</sup> a été complétée par une étude de cas<sup>27</sup> afin de prendre en compte non plus des valeurs moyennes, mais des valeurs plus spécifiques d'un type d'exploitation.

---

<sup>25</sup> Rapport Grignon, Assises du ferroviaire, etc.

<sup>26</sup> Sauf Ile-de-France, Corse et DOM-TOM

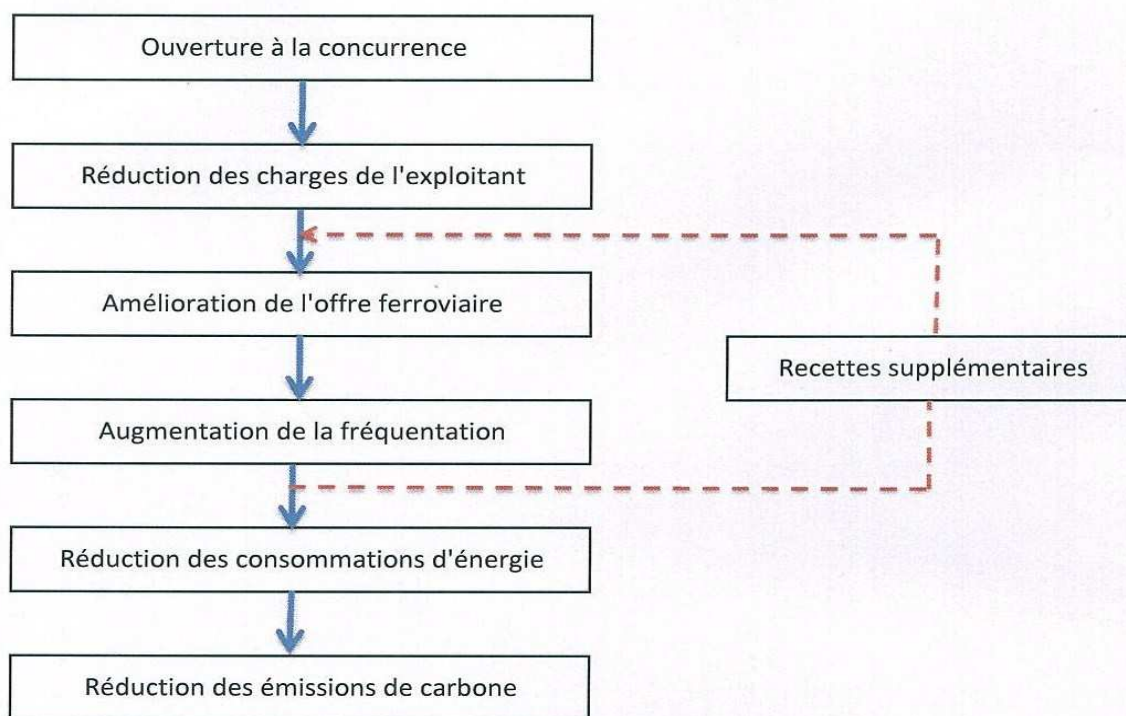
<sup>27</sup> Une étude de cas qui intéressera les Régions qui sont privées d'une comptabilité par ligne.

## ETUDE A L'ECHELLE NATIONALE

La démarche repose sur le « cercle vertueux de l'ouverture » qui suit schématiquement<sup>28</sup> le raisonnement suivant :

- de l'ouverture à la concurrence, on attend une réduction des charges de l'exploitant essentiellement liée à une augmentation de la productivité ;
- de la réduction des charges de l'exploitant, on attend une augmentation du nombre de trains x km, les Régions étant supposées travailler à budget constant ;
- de cette augmentation de l'offre, on attend une augmentation de la demande puisque cette dernière est élastique à l'offre ;
- de cette augmentation du trafic en transport collectif, on attend une baisse de la circulation automobile puisque on raisonne à un niveau donné de mobilité ;
- de cette baisse de la circulation automobile, on attend une réduction des consommations d'énergie et des émissions de carbone.

A cet enchaînement linéaire, s'ajoute une boucle de rétroaction qui fait que l'on peut effectivement parler de *cercle* vertueux. En effet, à l'augmentation de la fréquentation correspond une augmentation des recettes qui peuvent, à leur tour, être utilisées pour augmenter l'offre.



<sup>28</sup> La conclusion va à l'essentiel mais les justifications et nuances nécessaires sont apportées dans le corps du rapport. En effet, les choses ne sont pas aussi simples et chaque assertion mérite d'être discutée.

## Hypothèses retenues

Certaines sont différentes selon les scénarios :

- Dans le scénario dit « -10% », l'ouverture à la concurrence est suivie d'une baisse de 10% des coûts dont le transporteur a la maîtrise, c'est-à-dire des coûts hors matériel roulant et hors péages versés à RFF. Ce dernier passerait, en euros 2010, de 16,49 € par train x km à 14,84 € par train x km ;
- Dans le scénario dit « -30% », l'ouverture à la concurrence est suivie d'une baisse de 30% des coûts dont le transporteur a la maîtrise, c'est-à-dire des coûts hors matériel roulant et hors péages versés à RFF. Ce dernier passerait, en euros 2010, de 16,49 € par train x km à 11,54 € par train x km.

D'autres sont communes aux deux scénarios :

- Les Régions réinvestissent toutes les économies réalisées grâce à l'ouverture à la concurrence pour financer l'augmentation de l'offre ferroviaire ;
- L'élasticité de la demande (en voyageurs.km) par rapport à l'offre (en trains x km) est de 0,905 ;
- Le trafic supplémentaire assuré par le rail vient à 100 % d'un transfert depuis la voiture.

## Résultats obtenus en termes d'offre, de demande, de coûts, de recettes et de subvention

Pour l'année 2010, les montants en jeu sont les suivants :

- des circulations ferroviaires totales de 158,9 millions de trains x km à 21,59 € par train x km, soit un coût de 3.392 M€ ;
- un coût de 3.392 M€ et des recettes (compensations comprises) de 1.347 M€ soit, par différence, une subvention d'équilibre de 2.045 M€.

Dans le « scénario -10 % », le coût par train x km est réduit de 1,65 € et passe donc (matériel et infrastructure compris) de 21,35 € à 19,70 €. Du coup, pour le même coût total, l'offre peut passer à 172,2 millions de trains x km soit une augmentation de 8,3 % par rapport à la situation actuelle. L'élasticité de la demande à l'offre étant de 0,905, la fréquentation augmente de 7,6%. La fréquentation actuelle étant de 12,9 milliards de v.km, ce sont 0,974 milliard de v.km supplémentaires pour le transport ferroviaire. De cette fréquentation supplémentaire résultent des recettes supplémentaires de 101,8 M€ qui sont réinjectées dans l'augmentation de l'offre et cette augmentation de l'offre conduit à son tour à une augmentation de la fréquentation, et ainsi de suite<sup>29</sup>. Au final, on obtient 1,586 milliard de v.km supplémentaires.

---

<sup>29</sup> Voir, section 2.3.2, le détail des calculs itératifs.

Dans le « scénario -30 % », le coût par train x km est réduit de 4,95 € et passe donc (matériel et infrastructure compris) de 21,35 € à 16,40 €. Du coup, pour le même coût total, l'offre peut passer à 206,8 millions de trains x km soit une augmentation de 30,1 % par rapport à la situation actuelle. L'élasticité de la demande à l'offre étant de 0,905, la fréquentation augmente de 27,3 %. La fréquentation actuelle étant de 12,9 milliards de v.km, ce sont 3,515 milliards de v.km supplémentaires pour le transport ferroviaire. De cette fréquentation supplémentaire résultent des recettes supplémentaires de 367,4 M€ qui sont réinjectées dans l'augmentation de l'offre et cette augmentation de l'offre conduit à son tour à une augmentation de la fréquentation, et ainsi de suite. Au final, on obtient 6,449 milliards de v.km supplémentaires.

	unité	Scénario - 10%	Scénario - 30%
<i>Coûts et prix</i>			
Sans ouverture	€ par train x km	21,35	21,35
Réduction des charges	€ par train x km	1,65	4,95
Avec ouverture	€ par train x km	19,70	16,40
<b>Evolution</b>		<b>7 %</b>	<b>23 %</b>
<i>Offre</i>			
Sans ouverture	Millions trains x km	158,9	158,9
Avec ouverture	Millions trains x km	180,6	247,9
<b>Evolution</b>		<b>14 %</b>	<b>56 %</b>
<i>Demande</i>			
Sans ouverture	Millions voyageurs x km	12 890	12 890
Avec ouverture	Millions voyageurs x km	14 476	19 339
<b>Evolution</b>		<b>12 %</b>	<b>50 %</b>

Figure 55 Impact de l'ouverture sur l'offre et la fréquentation, selon les scénarios

Donc, sans augmenter la subvention d'équilibre qu'elles versent au transporteur, les Régions obtiennent une augmentation de la fréquentation des TER de :

- $1586/12890 = 12 \%$ , dans le « scénario -10% » ;
- $6449/12890 = 50 \%$ , dans le « scénario -30% ».

## Résultats obtenus en termes de consommation d'énergie et d'émissions de carbone

Ce trafic supplémentaire correspond à un transfert modal de la voiture vers le train, donc la consommation d'énergie et les émissions de carbone du transport ferroviaire vont augmenter, mais la consommation d'énergie et les émissions de carbone du transport routier vont diminuer. C'est le solde qui importe.

- En ce qui concerne les consommations, le train se situe à 16,2 gep par voyageur x km et la voiture à 40,4 gep par voyageur x km, d'où une différence de 24,1 gep par voyageur x km. Dans les deux cas il s'agit de trajets régionaux, c'est-à-dire de 40 à 50 km ;
- En ce qui concerne les émissions de carbone, le train se situe à 41,0 g eq CO2 par voyageur x km et la voiture à 125,8 g eq CO2 par voyageur x km, d'où une différence de 84,8 g eq CO2 par voyageur x km. Dans les deux cas, il s'agit, là encore, de trajets régionaux.

Les bilans énergétiques et environnementaux de l'ouverture à la concurrence dans le transport régional ferroviaire de voyageurs ont pu être estimés, dans ces conditions, à :

	Scénario - 10 %	Scénario - 30%
<i>Bilan de la consommation d'énergie</i>		
Consommations unitaires de la voiture	40,4 gep / v.km	40,4 gep / v.km
Consommations unitaires de la voiture	16,2 gep / v.km	16,2 gep / v.km
Différentiel de consommation unitaire	24,1 gep / v.km	24,1 gep / v.km
Volume de trafic transféré	1.586 millions v.km	6.449 millions v.km
<b>Gain énergétique</b>	<b>38.286 tep</b>	<b>155.602 tep</b>
<i>Bilan des émissions de CO2</i>		
Emissions unitaires de la voiture	125,8 geqCO2 / v.km	125,8 geqCO2 / v.km
Emissions unitaires de la voiture	41,0 geqCO2 / v.km	41,0 geqCO2 / v.km
Différentiel d'émission unitaire	84,8 geqCO2 / v.km	84,8 geqCO2 / v.km
Volume de trafic transféré	1.586 millions v.km	6.449 millions v.km
<b>Gain environnemental</b>	<b>134.447 teqCO2</b>	<b>546.745 teqCO2</b>

Figure 56 Impact de l'ouverture sur la consommation d'énergie et les émissions de carbone, selon les scénarios

Même dans le cas du scénario le moins ambitieux, la réduction des émissions annuelles de gaz à effet de serre n'est pas négligeable puisque elle représente les émissions annuelles d'environ 15.000 Français. L'environnement n'est donc pas invoqué ici comme alibi<sup>30</sup>.

Dans le cas du scénario le plus ambitieux de redéploiement du service public ferroviaire, la réduction des consommations d'énergie comme des émissions de gaz à effet de serre est 4 fois plus importante que dans le cas du scénario le moins ambitieux.

Dans les deux cas de figure, le coût à la tonne de carbone économisée est nul puisqu'on raisonne à budget constant pour les Régions.

---

<sup>30</sup> Société Civile, n°113 (mai 2011).

## ETUDE A L'ECHELLE D'UNE LIGNE PRECISE

Le modèle d'estimation des coûts KCW reproduit la structure des coûts d'un opérateur typique de transport ferroviaire régional de voyageurs, en approche ascendante. Pour calculer la totalité des coûts et des recettes de l'opérateur, toutes les composantes significatives des postes de coût sont chiffrées.

A partir de l'horaire concret de la ligne sont établis un certain nombre de volumes : train.km, heures de roulement, besoin de véhicules, consommation d'énergie, prix des sillons. Les coûts et recettes aux conditions économiques du secteur ferroviaire en France sont calculés sur cette base en euros constants.

La ligne modélisée Colmar – Metzeral, dans la région Alsace, est une ligne de type périurbain reliant une ville moyenne à une vallée dans les Vosges. La ligne n'est pas électrifiée et est exploitée avec six autorails X 73500 circulant en unité double. La ligne peut être exploitée de façon relativement autonome et se prêterait à une expérimentation de la mise en délégation de service public (DSP).

Du point de vue d'une exploitation efficace, le périmètre d'une convention de service pour seulement Colmar – Metzeral semble assez restreint, ce qui se traduit par des résultats relativement élevés dans le poste atelier et celui des charges de structure. Le périmètre semble cependant adapté pour une expérimentation. Au commencement de la régionalisation allemande, beaucoup de conventions de cette taille ont été créées.

Pour distinguer les influences sur les coûts, les revenus et la subvention publique de l'offre ferroviaire, trois scénarios ont été développés dans le modèle :

- Le scénario de base – offre 2010 en production SNCF – modélise la reconstitution de la situation actuelle.
- Le scénario 2 – offre 2010 en délégation de service public – permet d'évaluer l'impact d'une attribution en DSP.
- Le scénario 3 – offre entièrement cadencée en délégation de service public – permet d'évaluer l'impact sur la productivité du développement de l'offre par une meilleure utilisation des ressources (matériel roulant, atelier, infrastructure).

Malgré une rareté de données financières disponibles pour le TER de la SNCF, les résultats permettent une vision approfondie de l'impact probable d'une attribution en concurrence des services ferroviaires régionaux de voyageurs.

Dans un marché concurrentiel ferroviaire régional de voyageurs peu ou pas développé où les acteurs ne connaissent pas la totalité de leurs coûts, recettes et risques, les coûts modélisés ici et ceux des résultats des appels d'offres vont probablement différer. On peut estimer cependant que les acteurs, qui pour la plupart sont internationaux, vont profiter de leur expérience dans les pays où ce marché concurrentiel existe.

La considération des coûts unitaires de l'offre en € par train.km permet d'évaluer l'efficacité de l'argent public employé.

- Les résultats de la modélisation montrent pour Colmar – Metzeral **une baisse significative du coût du TER de l'ordre de 20% par une mise en DSP**, visible dans la

comparaison des scénarios 1 et 2. Etant donné qu'à offre identique, les recettes restent stables, **l'effet correspondant sur la subvention publique, avec une baisse de l'ordre de 30%, est encore plus marqué**, le taux de couverture monte d'environ 10 points.

- Les résultats montrent **une baisse supplémentaire du coût unitaire de l'ordre de 15% par le développement d'une offre entièrement cadencée et densifiée** (+47% train.km), visible dans la comparaison des scénarios 2 et 3. Les recettes augmentant avec une élasticité de 0,9, **la subvention du train.km baisse de l'ordre de 25%**, le taux de couverture monte d'environ 5 points.

La considération des valeurs absolues en € permet d'évaluer les effets sur le budget de la Région. Le développement de l'offre dans le cadre d'une DSP révèle un coût en baisse (-5%) par rapport à la situation actuelle avec des recettes en augmentation d'environ 45%, dans la comparaison des scénarios 1 et 3. Les résultats montrent que **la densification importante de l'offre proposée (+47%) peut être financée par une mise en délégation tout en conservant un allègement du budget régional de l'ordre de 25%**.

Les résultats principaux sont récapitulés dans le tableau suivant :

	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3	
Production	attribution directe (SNCF)		DSP		DSP	
Offre	horaire de service 2010		horaire de service 2010		offre entièrement cadencée	
	M€	€/train.km	M€	€/train.km	M€	€/train.km
coût de l'offre	4,219	18,05	3,260	13,95	4,030	11,71
recettes	1,267	5,42	1,267	5,42	1,835	5,33
subvention région	2,952	12,63	1,993	8,53	2,195	6,38
taux de couverture	30,0 %		38,9 %		45,5 %	

Figure 57 Résultats principaux de la modélisation

On peut s'attendre que le résultat obtenu pour la délégation de service public, calculé sur la base des coûts d'un opérateur privé, soit valable à terme aussi pour la SNCF en DSP qui saura probablement adapter ses coûts pour conserver des parts de marché.



# A1. Bilan de l'ouverture à la concurrence dans le TRF en Allemagne



## **A1.1. LE MARCHÉ DU TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL EN ALLEMAGNE**

### **A1.1.1. L'émergence du marché ferroviaire en Allemagne**

La réforme du système ferroviaire en Allemagne, la "Bahnreform", a été mise en œuvre au 1er janvier 1994 par la loi relative à la restructuration du secteur ferroviaire du 27 décembre 1993<sup>31</sup>. A cette date, l'état fédéral a fusionné les entreprises ferroviaires des deux Allemagnes - Deutsche Bundesbahn en RFA et Deutsche Reichsbahn en ex-RDA - le 1er janvier 1994 pour créer la Deutsche Bahn AG.

La régionalisation du transport ferroviaire régional de voyageurs (Schienen-Personen-Nahverkehr, SPNV) est intervenue deux ans après, au 1er janvier 1996. Dans la loi relative à la régionalisation du transport public du 27 décembre 1993<sup>32</sup>, la responsabilité des régions (Länder) pour le transport ferroviaire régional de voyageurs est établie. Les régions ont obtenu en 1998 un budget consécutif à la hauteur du coût des services ferroviaires en vigueur à ce moment pour chaque région. Il était prévu d'indexer ce budget sur la base d'un taux de 1,5% par an, promesse qui n'a pas toujours été tenue.

Les régions ont alors créé des Autorités Organisatrices de transport ferroviaire. Dans le but de formaliser et contractualiser les services et paiements, les Autorités Organisatrices ont d'abord négocié des contrats régionaux avec la DB, qui au commencement couvraient la quasi-totalité des services sur les territoires respectifs mais prévoyaient des clauses de mise en concurrence progressive.

Le marché s'est ensuite développé. Les régions cherchant à développer les transports nouvellement entrés dans leur compétence ont progressivement commencé à attribuer des services ferroviaires par mise en concurrence. L'écart entre les régions est considérable. Les attributions de services ferroviaires régionaux ont débuté en 1995 (500.000 trains.km) pour atteindre 60 millions de trains.km en 2010.

Il existe des entreprises ferroviaires régionales antérieures à la Bahnreform, qui ont pu profiter du développement du marché. Ces entreprises, qui appartiennent aux régions ou à d'autres collectivités locales, ont plus ou moins gardé leurs attaches locales, aucune d'entre elles n'a dépassé 10 millions de trains.km annuels.

Très récemment, la Cour Fédérale de Justice (Bundesgerichtshof - BGH) a constaté<sup>33</sup> que l'attribution des services ferroviaires doit être conforme avec le règlement des appels d'offres. En conséquence, les attributions directes sans mise en concurrence sont limitées à des cas précis. Sont exemptés de cette règle les concessions où le mandataire porte le risque commercial, et les contrats de courte durée destinés à harmoniser les durées des contrats pour un appel d'offres futur.

---

<sup>31</sup> Gesetz zur Neuordnung des Eisenbahnwesens (Eisenbahnneuordnungsgesetz - ENeuOG) du 27 décembre 1993

<sup>32</sup> Gesetz zur Regionalisierung des öffentlichen Personennahverkehrs (RegG) du 27 décembre 1993

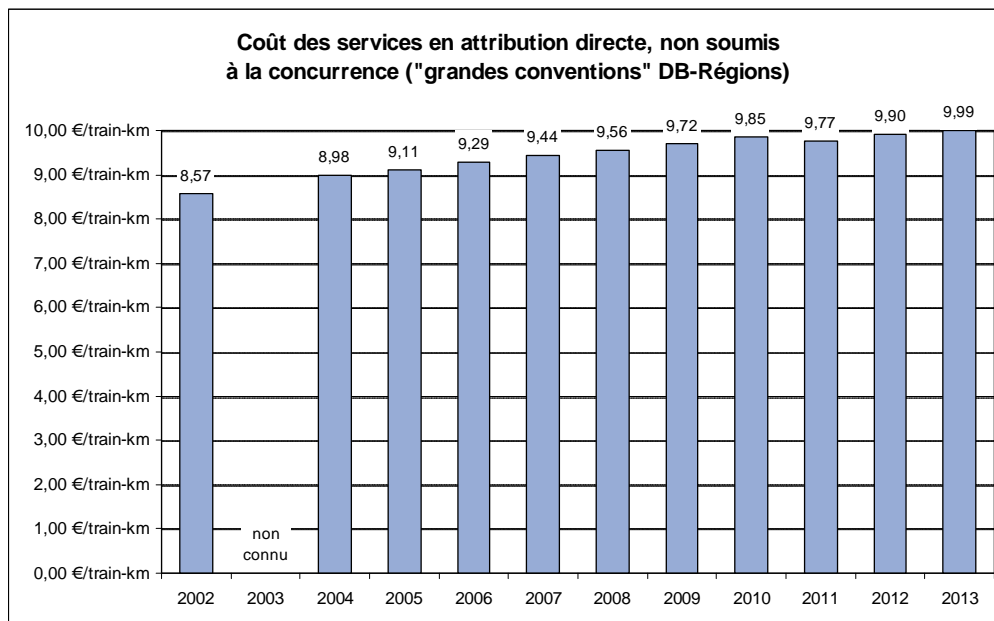
<sup>33</sup> Arrêt N° X ZB 4/10, publié le 8 février 2011

### A1.1.2. Montant de la subvention sans mise en concurrence

Le coût du transport ferroviaire régional en attribution directe dans les "grandes conventions" DB-régions se situe entre 6,69 € et 11,48 € par train.km en 2002 avec une moyenne pondérée de 8,57 €.

Ces prix expriment le montant total de la subvention et englobent le coût de l'infrastructure et du matériel roulant.

Les contrats contiennent une progression annuelle des prix estimée à 1,5%, une partie du prix est indexée sur le coût de l'énergie.

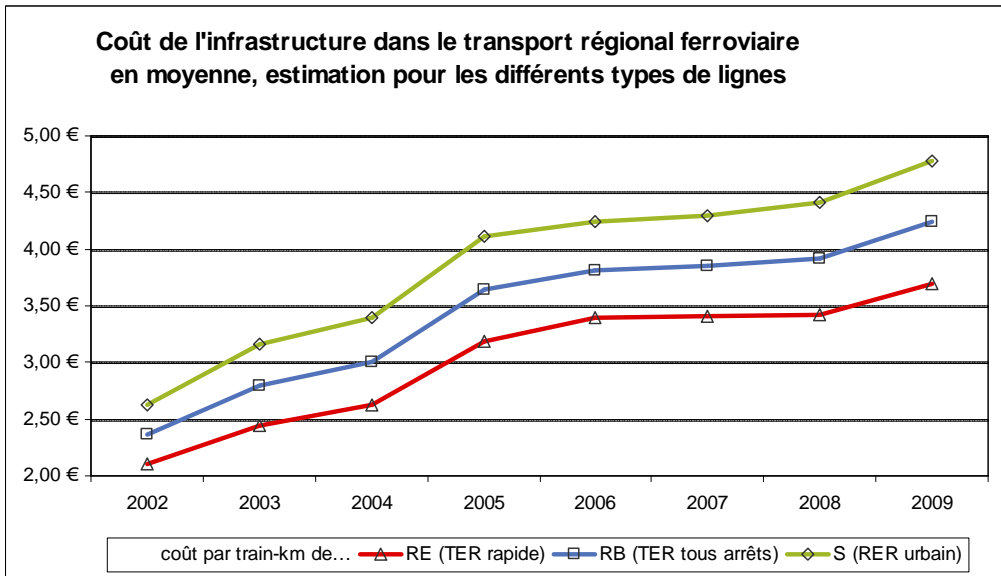


Note: Toutes les valeurs sont connues pour 2002. Sans information complémentaire disponible, une progression des prix de 1,5% annuels est appliquée.

Source: KCW, 2010

Figure 58 Coût des services en attribution directe, non soumis à la concurrence ("grandes conventions" DB-Régions)

La part de l'infrastructure dans les coûts a fortement augmenté entre 2002 et 2009, se situant aujourd'hui autour de 4,30 € / train.km.



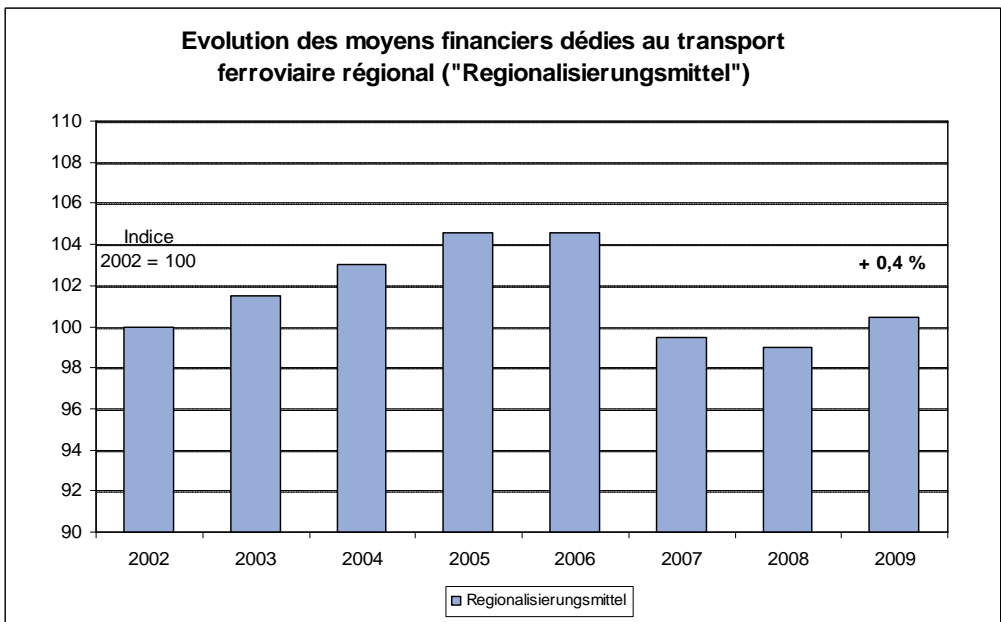
Note: Calcul à partir du prix moyen des sillons et des droits d'accès en gare dans le transport ferroviaire régional avec une estimation de la distance moyenne entre stations (RE 15 km; RB 5 km, S-Bahn 3 km)

Source: KCW, 2010

Figure 59 Coût de l'infrastructure dans le transport régional ferroviaire - en moyenne, estimation pour les différents types de lignes

### A1.1.3. Le financement du transport ferroviaire régional de voyageurs en Allemagne

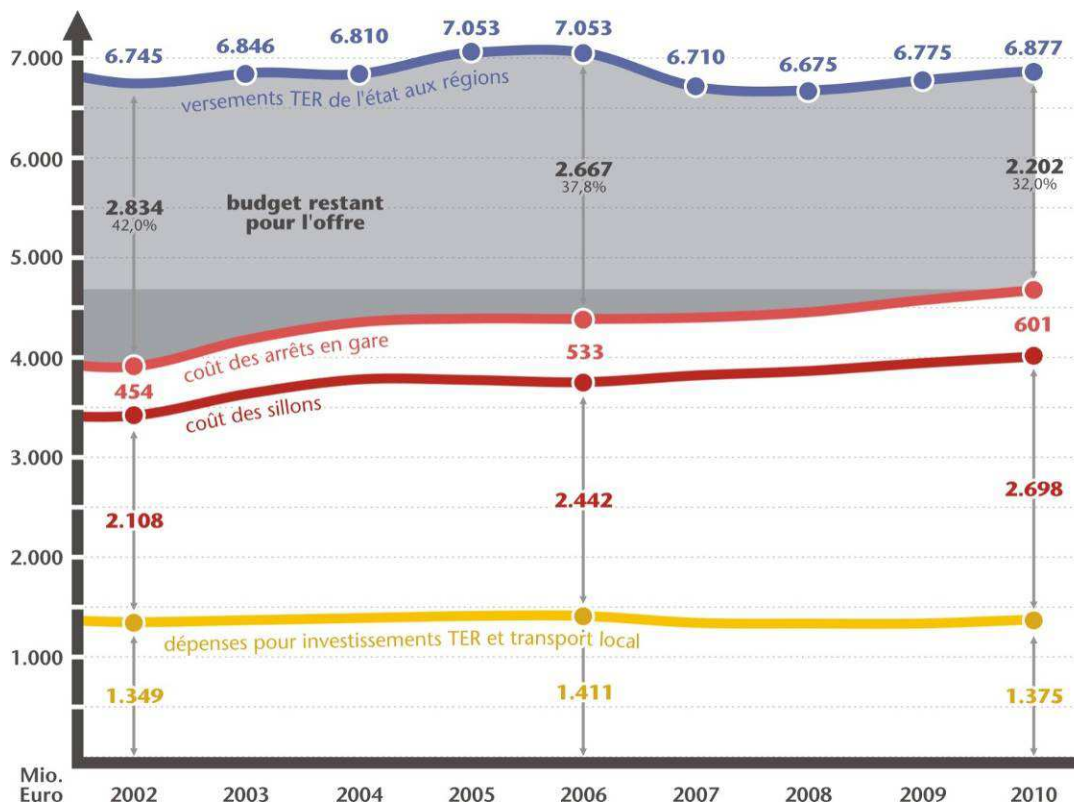
Le transport ferroviaire régional de voyageurs en Allemagne se situe dans un contexte de stagnation (en € courants) voire de réduction sensible (en € constants) des moyens financiers dédiés versés par l'état aux régions.



Indice 2002 = 100 (6.745 M€)

Figure 60 Evolution des moyens financiers dédiés au transport ferroviaire régional

Comme montre la figure suivante, la part des moyens disponibles pour financer l'offre TER a baissé de 42% à 32% en 8 ans.



Source : « Wettbewerber-Report 2010/2011 » (« Rapport des concurrents »)

Figure 61 Evolution des moyens financiers dédiés au transport ferroviaire régional

Dans un contexte des, moyens financiers dédiés en baisse, un coût de l'infrastructure en hausse et un besoin de financement pour des investissements et le transport local d'environ 20%, les autorités organisatrices se voient contraintes d'agir.

#### A1.1.4. Obstacles majeurs à la concurrence en Allemagne

Le marché ferroviaire régional de voyageurs en Allemagne n'est pas un marché idéal. De nombreux obstacles persistent à une concurrence égale. En citant le « Wettbewerber-Report 2010/2011<sup>34</sup> » (« Rapport des concurrents »), complémentaire au « Wettbewerbsbericht » (rapport sur la concurrence de la DB) les obstacles majeurs sont à l'heure actuelle :

- Les concurrents n'ont pas accès aux véhicules existants ;

<sup>34</sup> Wettbewerber-Report Eisenbahn 2010/2011, Holzhey, Berschin, Kühl, Naumann (KCW), mai 2011, [http://mofair.de/content/20110519\\_wettbewerber-report-eisenbahn-2010-2011.pdf](http://mofair.de/content/20110519_wettbewerber-report-eisenbahn-2010-2011.pdf)

- Désavantage des concurrents dans le financement des véhicules – la DB profite de sa notation financière favorable de la DB par son propriétaire, facteur important depuis la crise financière ;
- Connaissance exclusive de la DB des flux et recettes des lignes ;
- Quasi-monopole de la DB dans la distribution des billets et définition de la tarification ;
- La DB garde des profits du monopole, surtout dans l'énergie électrique.

Il existe aussi des obstacles dans le périmètre des autorités organisatrices :

- Certaines autorités organisatrices n'ont pas su gagner la confiance des acteurs du marché – des concurrents ne croient pas avoir une chance réelle de gagner ;
- Il y a un manque de prévisibilité des appels d'offre à venir qui empêche les concurrents de créer des structures suffisantes pour répondre aux appels d'offres ;
- Les entreprises jugent souvent, que le risque financier de participer à un appel d'offres est trop élevé.

Aujourd'hui, la concurrence se fait aussi entre les autorités organisatrices pour attirer les entreprises.

## **A1.2. LA BASE DE DONNEES KCW DU MARCHE DU TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL EN ALLEMAGNE**

### **A1.2.1. Contenu de la base de données**

KCW a établi une base de données avec actuellement les résultats de 211 appels d'offres ou lots dans le transport ferroviaire régional en Allemagne.

- Première attribution de services en concurrence : 147 jeux de données
- Attribution suivante de services en concurrence : 48 jeux de données
- En cours d'attribution (données non traitées) : 16 jeux de données

Des informations sur les prix sont disponibles pour 96 appels d'offres ou lots, soit proche de 50% des appels d'offres attribués.

Les données ne sont pas toujours disponibles publiquement, par exemple les prix sont le plus souvent considérés comme confidentiels. Les données de la base de données sont collectées de différentes sources, y compris des publications dans la presse spécialisée. Elles ont par conséquent un niveau variable de fiabilité et de précision. Le nombre relativement élevé des données permet cependant de tirer des conclusions valables à un niveau agrégé.

Un nombre suffisant de données concernant les prix est disponible à partir de 2002.

### **A1.2.2. Contenu des prix indiqués**

Les prix indiqués expriment la variation de la contribution financière de l'Autorité Organisatrice par rapport à l'état initial : attribution directe des services de transport régional de voyageurs à la Deutsche Bahn (DB) fixée dans des "grands contrats" DB-région en attribution directe.

Les recettes des services concernés font partie de la rémunération de l'opérateur (Nettovertrag), ou sont déduits du montant de la subvention publique (Bruttovertrag). Les recettes dans le transport régional de voyageurs sont relativement plus élevées en Allemagne qu'en France, se situant pour la DB à 5,22 € / train.km ou 7,2 ct / voyageur.km<sup>35</sup>.

Le coût du matériel roulant et des ateliers est inclus dans les prix. Un ajustement du prix est fait pour les attributions (relativement rares) comprenant une subvention des véhicules ou des ateliers.

Dans les cas où des informations complémentaires ne sont pas disponibles, les prix sont indexés avec un taux de 1,5% par an, ce qui correspond au taux de base dans les "grands contrats" DB-régions.

---

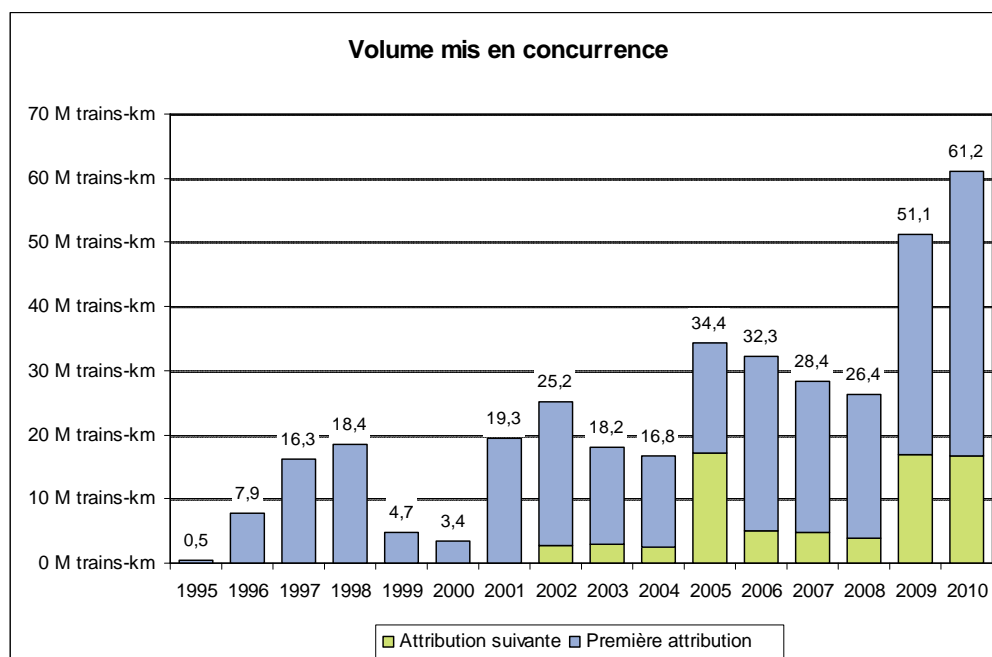
<sup>35</sup> DB Regio AG, Geschäftsbericht 2009



## A1.3. LES RESULTATS DES APPELS D'OFFRES DANS LE TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL EN ALLEMAGNE

### A1.3.1. Volume mis en concurrence

Les appels d'offres dans le transport ferroviaire régional ont débuté en 1995 avec un volume de 500.000 trains.km. Le marché s'est ensuite développé progressivement pour atteindre un niveau de 61,2 millions de trains.km contractualisés en 2010. Des remises en concurrence des services déjà attribués interviennent à partir de 2002.

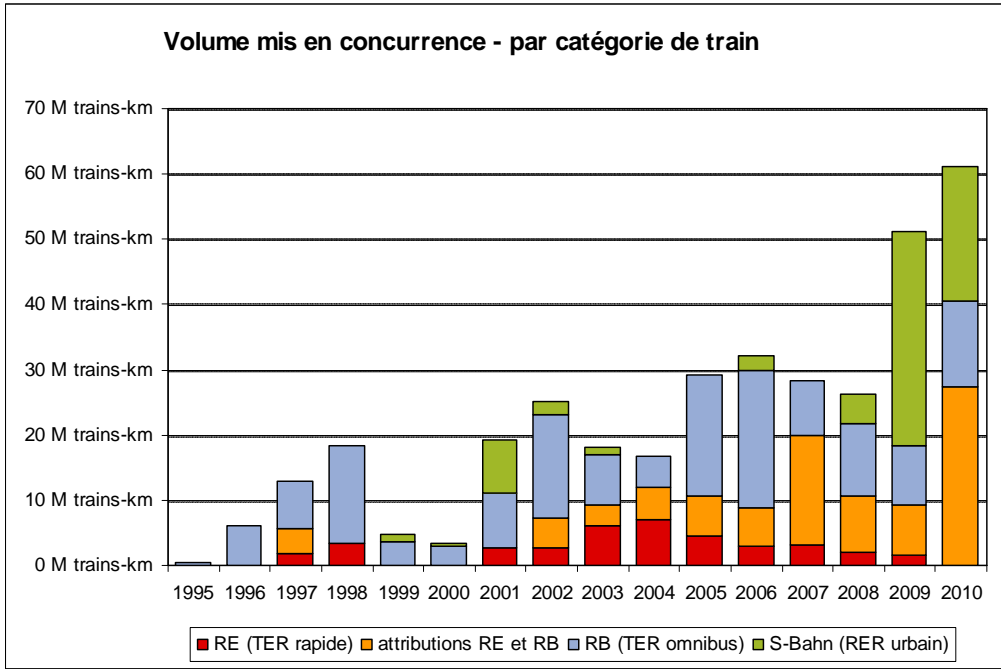


Volume contractualisé, par année d'attribution

Source: Base de données KCW, 2011 (194 jeux de données)

Figure 62 Volume mis en concurrence

Les appels d'offres des premières années concernaient surtout les TER omnibus (RB). Progressivement les TER rapides (RE) et réseaux RER urbains (S-Bahn) sont aussi mis en concurrence.

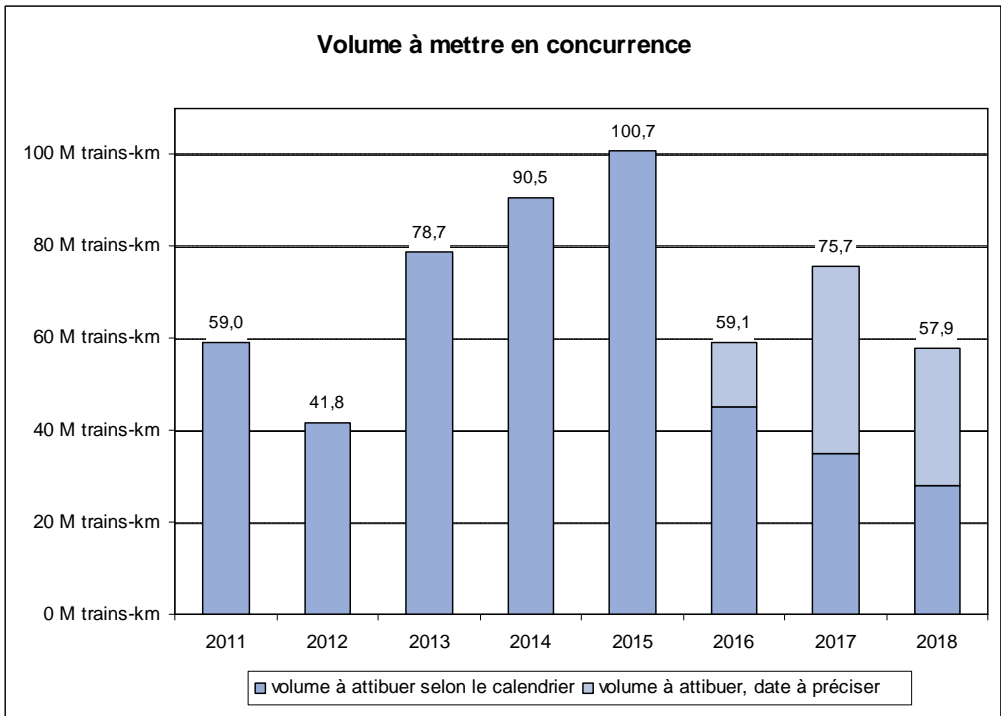


Volume par année d'attribution

Source: Base de données KCW, 2011 (194 jeux de données)

Figure 63: Volume mis en concurrence - par catégorie de train

Le volume mis en concurrence les années à venir continuera de croître jusqu'en 2015 pour ensuite se stabiliser autour de 60 millions de trains.km à contractualiser annuellement.



Volume par année de mise en service

Source: BAG-SPNV, Wettbewerbsfahrplan 2011 (calendrier des attributions du Groupement des Autorités Organisatrices de Transport Ferroviaire), 08/02/2011

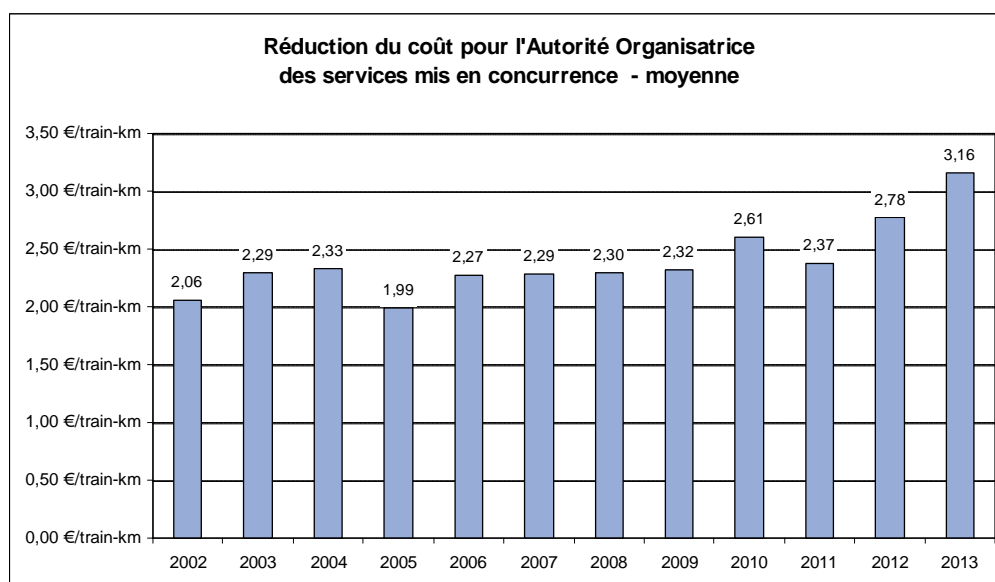
Figure 64: Volume à mettre en concurrence

### A1.3.2. Variation du montant de la subvention après attribution par mise en concurrence

L'analyse montre que les régions ont pu réduire leurs coûts de façon significative après la mise en concurrence des services ferroviaires.

La réduction du coût pour les Autorités Organisatrices des services ferroviaires régionaux mis en concurrence se stabilise autour de 2,30 € / train.km ou 24% du coût initial. Cette réduction va augmenter dans les années à venir de façon significative après la contractualisation de mises en concurrence de plus grands lots contenant une plus grande proportion des services de RER urbain (S-Bahn) et de TER rapide (RE).

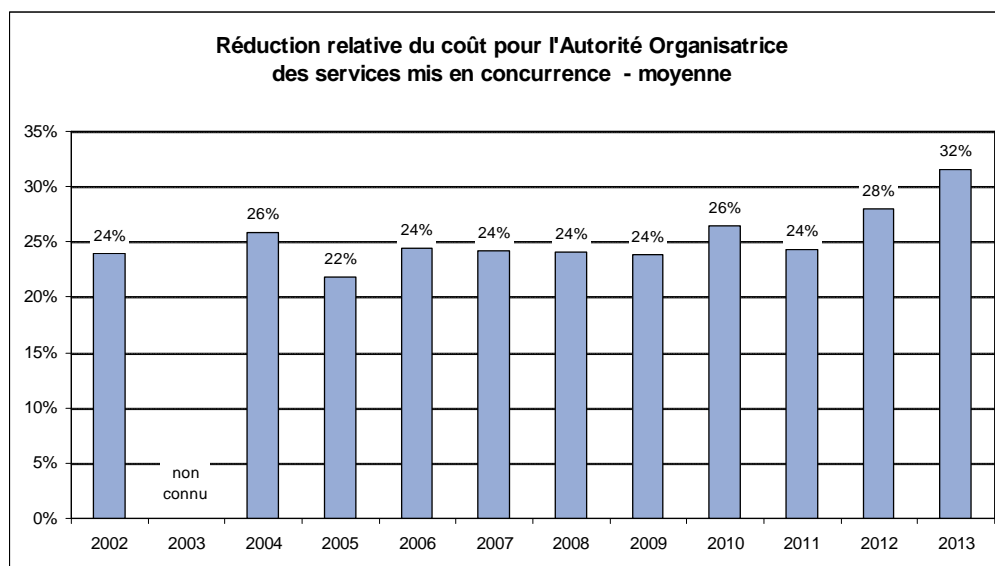
Dans la grande majorité des appels d'offres dont le coût est englobé dans les prix, l'utilisation de matériel neuf est exigée. Un ajustement du prix est fait pour les attributions (relativement rares) comprenant une subvention des véhicules ou des ateliers.



Note: Valeur par année d'attribution, exprimée en différence de subvention des services mis en concurrence comparés aux services en attribution directe, en € par train.km. Données corrigées des effets des subventions du matériel roulant et des ateliers (si connu). Les valeurs 2011-13 prennent en compte les volumes attribués jusqu'en 2010.

Source: Base de données KCW, 2011 (96 jeux de données)

Figure 65 Réduction du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - moyenne



Note: Valeur par année d'attribution, exprimée en différence de subvention des services mis en concurrence comparés aux services en attribution directe, en € par train.km. Données corrigées des effets des subventions du matériel roulant et des ateliers (si connu). Les valeurs 2011-13 prennent en compte les volumes attribués jusqu'en 2010.

Source: Base de données KCW, 2011 (96 jeux de données)

Figure 66 Réduction relative du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - moyenne

### A1.3.3. Influences sur les prix

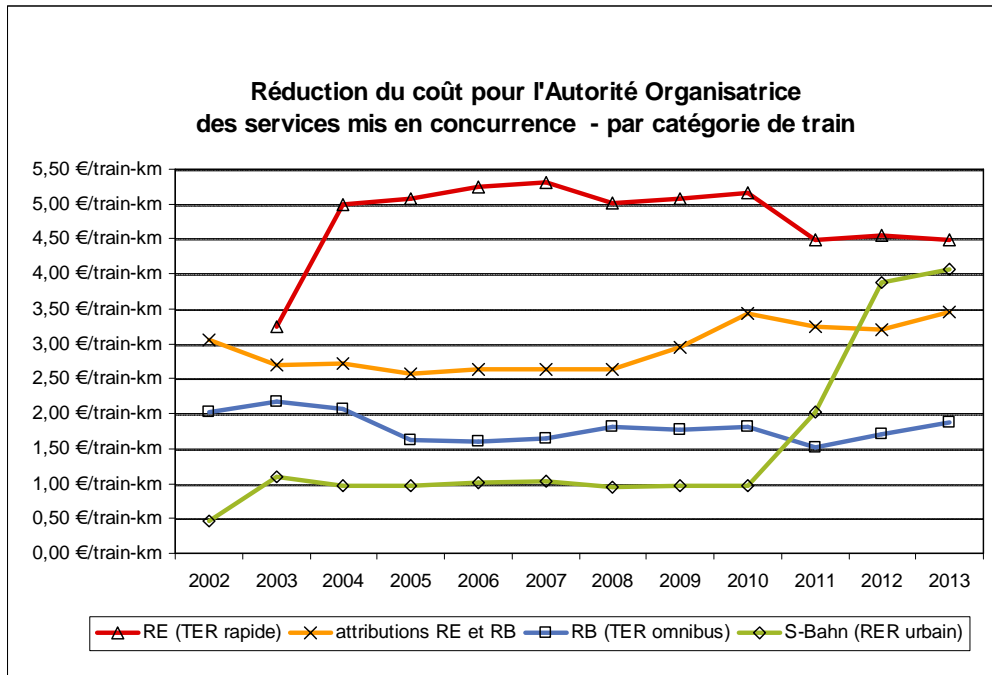
Les graphiques de ce chapitre essaient de discerner les facteurs d'influence sur les prix.

#### Par catégorie de train

Premièrement, la variation du coût pour l'Autorité Organisatrice est analysée par catégorie de train :

- RE (RegionalExpress - TER rapide) : normalement trains tractés, productivité plutôt élevée, recettes plutôt élevées ;
- RB (RegionalBahn - TER omnibus) : souvent automotrices, productivité plutôt basse, recettes plutôt basses ;
- S-Bahn (RER urbain) : automotrices ou trains tractés, productivité plutôt élevée, recettes plutôt élevées.

Les économies des régions pour les services RE (TER rapide) se situent entre 4,50 et 5,00 € / train.km, pour les RB (TER omnibus) elles sont beaucoup plus limitées, se situant entre 1,50 et 2,00 € / train.km. Les appels d'offres pour des S-Bahn (RER urbain) n'ont pris de l'ampleur que récemment, on peut s'attendre à des économies significatives dans ce segment.



Note: Valeur par année d'attribution, exprimée en différence de subvention des services mis en concurrence comparés aux services en attribution directe, en € par train.km. Données corrigées des effets des subventions matériel roulant et ateliers (si connu). Les valeurs 2011-13 prennent en compte les volumes attribués jusqu'en 2010.

Source: Base de données KCW, 2011 (96 jeux de données)

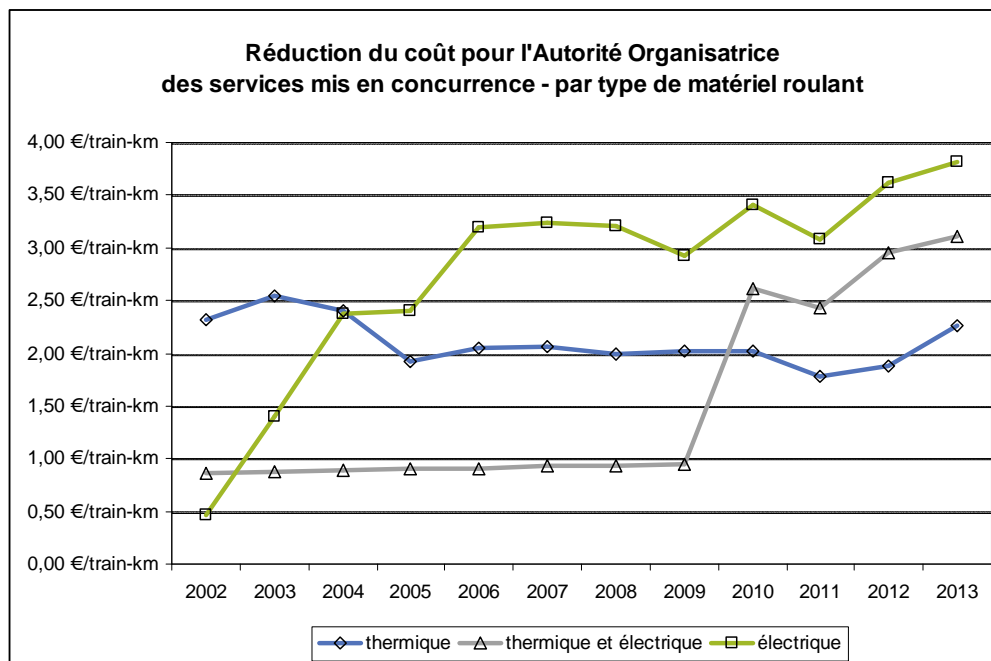
Figure 67 Réduction du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - par catégorie de train

### Par énergie de traction

Deuxièmement, la variation du coût pour l'Autorité Organisatrice est analysée par type de matériel roulant:

- Electrique : plutôt des lignes importantes, productivité plutôt élevée, recettes plutôt élevées ;
- Thermique : lignes plutôt rurales, productivité plutôt basse, recettes plutôt basses.

La réduction des subventions est relativement constante pour la traction thermique, se situant autour de 2,00 € / train.km. La montée significative des économies pour les lots à traction électrique peut être attribuée au développement retardé du marché concurrentiel dans ce segment, les régions ayant d'abord expérimenté la concurrence avec des petites lignes.



Note: Valeur par année d'attribution, exprimée en différence de subvention des services mis en concurrence comparés aux services en attribution directe, en € par train.km. Données corrigées des effets des subventions matériel roulant et ateliers (si connu). Les valeurs 2011-13 prennent en compte les volumes attribués jusqu'en 2010.

Source: Base de données KCW, 2011 (96 jeux de données)

Figure 68 Réduction du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - par type de matériel roulant

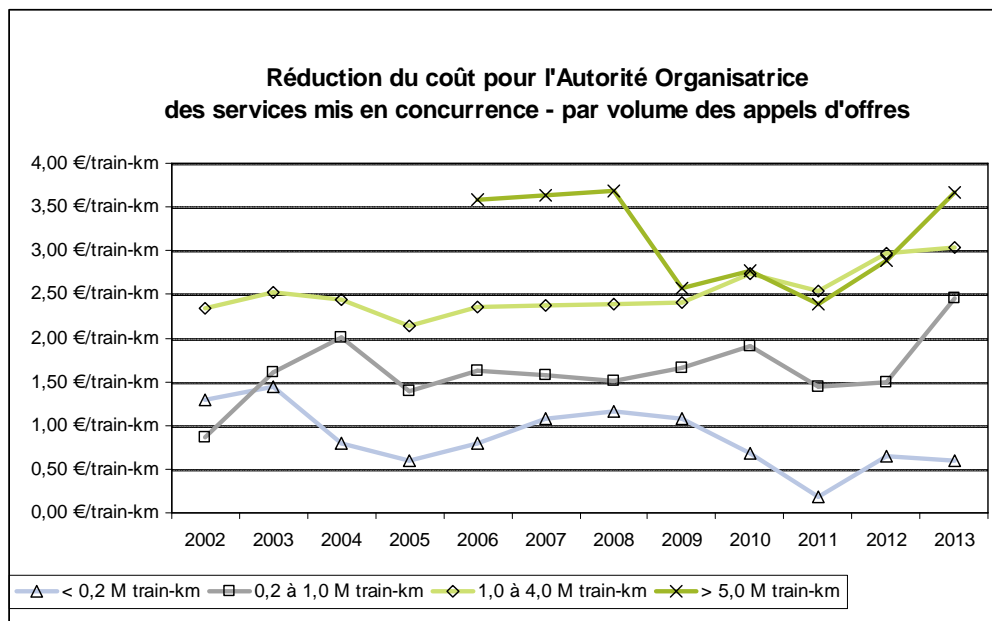
### Par volume

Troisièmement, la variation du coût pour l'Autorité Organisatrice est analysée selon le volume des appels d'offres avec les catégories suivantes:

- jusqu'à 0,2 million de trains.km ;
- 0,2 à 1 million de trains.km ;
- 1 à 4 millions de trains.km ;
- Plus de 4 millions de trains.km.

Globalement, les économies pour l'Autorité Organisatrice sont plus grandes pour des lots plus grands. Le critère du volume des lots est lié au facteur "catégorie de train": RE et surtout S-Bahn sont surreprésentés dans les grands appels d'offre.

Pour des lots en-dessous de 200.000 trains.km (qui seuls ne permettent pas une exploitation économique) les réductions de coût restent limitées, se situant autour de 0,50 € / train.km. Pour les lots entre 0,2 et 1 million de trains.km les réductions de coût sont déjà plus importants se situent autour de 1,50 € / train.km avec une récente tendance à la hausse. Pour les lots supérieurs à 1 million de trains.km les réductions de coût sont dans le même ordre de grandeur autour de 2,50 € / train.km avec également une tendance à la hausse.



Note: Valeur par année d'attribution, exprimée en différence de subvention des services mis en concurrence comparés aux services en attribution directe, en € par train.km. Données corrigées des effets des subventions matériel roulant et ateliers (si connu). Les valeurs 2011-13 prennent en compte les volumes attribués jusqu'en 2010.

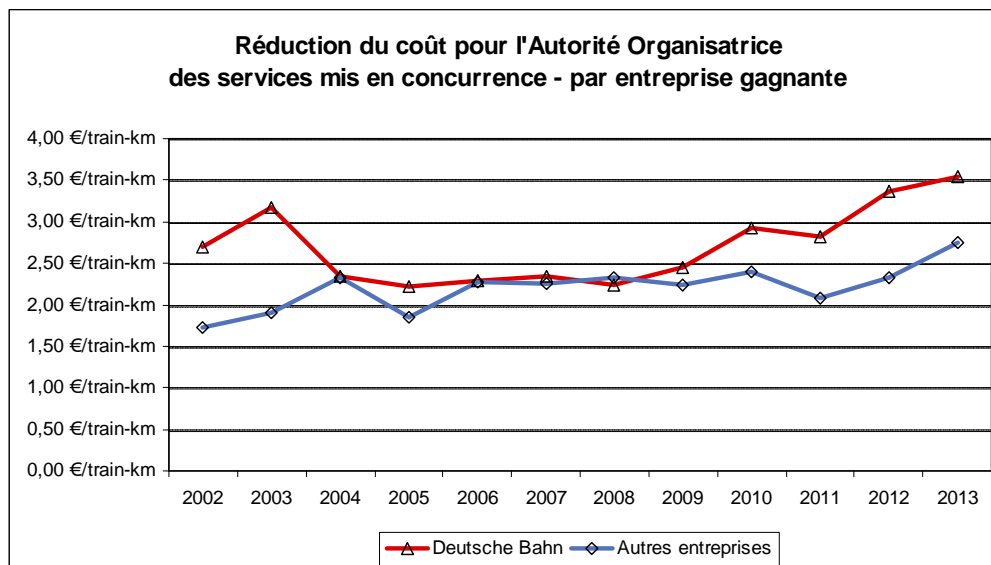
Source: Base de données KCW, 2011 (96 jeux de données)

Figure 69 Réduction du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - par volume des appels d'offres

### Par type de l'entreprise gagnante

Enfin, la variation du coût pour l'Autorité Organisatrice est analysée selon le critère que l'entreprise gagnante est la DB ou un concurrent.

Entre 2004 et 2010, DB et ses concurrents arrivent à des niveaux semblables de réduction des coûts, quand ils sont gagnants. La DB a gagné environ un tiers des appels d'offres dans cette période. La différence de réduction dans la période 2011 à 2013 est liée à la crise financière pendant laquelle des entreprises ne disposant pas de la garantie de l'Etat avaient des difficultés de financement du matériel roulant.



Note: Valeur par année d'attribution, exprimée en différence de subvention des services mis en concurrence comparés aux services en attribution directe, en € par train.km. Données corrigés des effets des subventions matériel roulant et ateliers (si connu). Les valeurs 2011-13 prennent en compte les volumes attribués jusqu'en 2010.

Source: Base de données KCW, 2011 (96 jeux de données)

Figure 70 Réduction du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - par entreprise gagnante

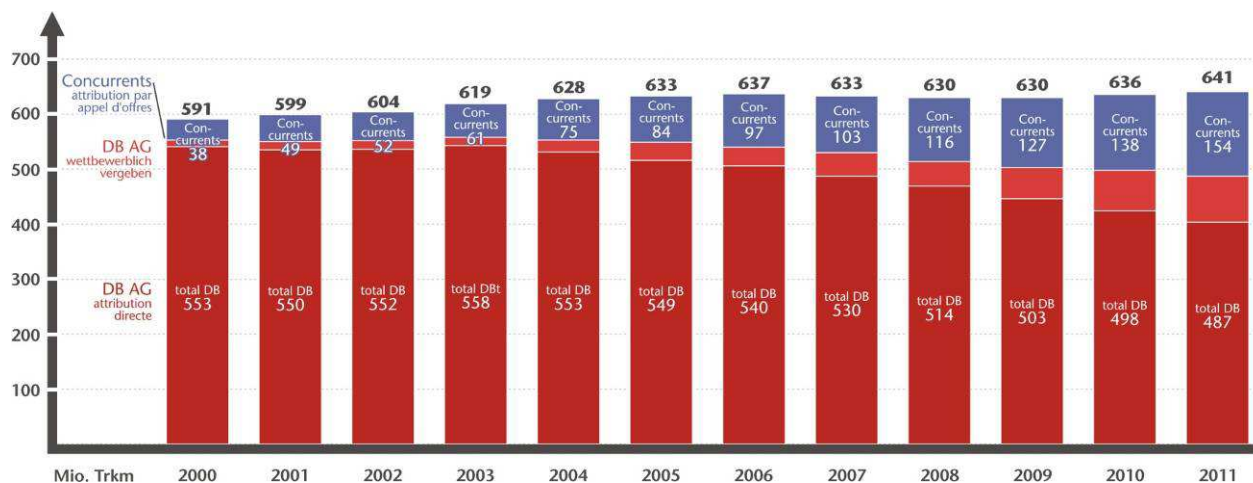
#### A1.3.4. Les entreprises dans le marché ferroviaire

Le marché du transport ferroviaire régional de voyageurs mis en concurrence en Allemagne concerne 37,1% du volume en 2011<sup>36</sup>. Presque deux tiers du volume étaient encore conventionnés par attribution directe.

En 2010, les concurrents produisent 24,1% des trains.km et 12,5% des voyageurs.km.

<sup>36</sup> Wettbewerber-Report Eisenbahn 2010/2011, Holzhey, Berschin, Kühl, Naumann (KCW), mai 2011, [http://mofair.de/content/20110519\\_wettbewerber-report-eisenbahn-2010-2011.pdf](http://mofair.de/content/20110519_wettbewerber-report-eisenbahn-2010-2011.pdf)



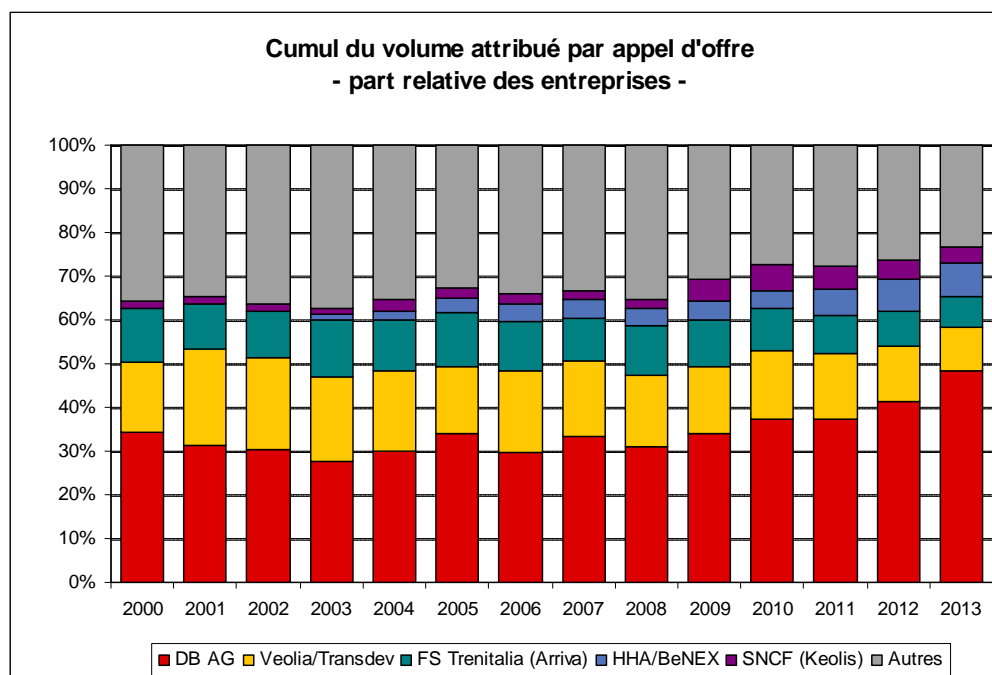


Légende: Bleu foncé: volume des concurrents, attribué par mise en concurrence / bleu clair: volume des concurrents, attribution directe / rouge clair: volume DB, attribué par mise en concurrence / rouge foncé: volume DB, attribution directe

Source: Wettbewerberbericht 2010/2011, KCW 2011

Figure 71 Volume de la DB et des entreprises privées en attribution directe ou par mise en concurrence

Le graphique suivant représente la répartition aux entreprises des volumes attribués par mise en concurrence. On constate une reconquête des parts de marché de la DB à partir de 2009.

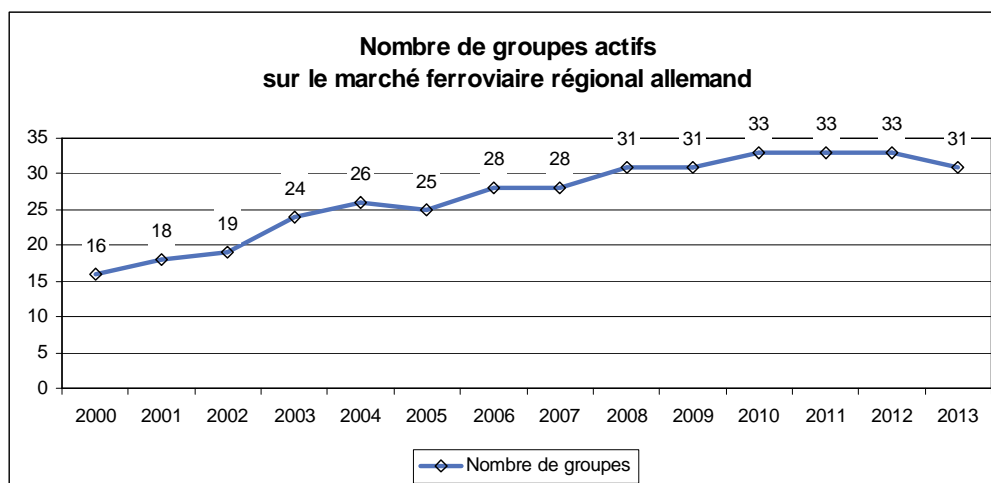


Note: Volume par groupe propriétaire des entreprises exploitant des services ferroviaires régionaux. Consortiums et entreprises appartenant à plusieurs propriétaires sont imputés au quota de la participation. Les données ne sont pas complètes pour les attributions avant 2002. Les valeurs 2011-13 prennent en compte les volumes attribués jusqu'en 2010.

Source: Base de données KCW, 2011 (195 jeux de données)

Figure 72 Cumul du volume attribué par appel d'offre - part relative des entreprises

Le nombre de groupes actifs dans le marché ferroviaire régional de voyageurs en Allemagne est stable depuis le milieu des années 2000.



Note: Nombre des groupes propriétaires des entreprises exploitant des services ferroviaires régionales. Les valeurs 2011-13 prennent en compte les volumes attribués jusqu'en 2010.

Source: Base de données KCW, 2011 (195 jeux de données)

Figure 73 Nombre de groupes actifs sur le marché ferroviaire régional allemand

Le nombre des entreprises dans ce secteur n'est pas identique à ces chiffres. Une entreprise peut être détenue par plusieurs groupes, un groupe peut posséder plusieurs entreprises ferroviaires.

### **A1.3.5. Bilan**

La base de données KCW sur le marché du transport ferroviaire régional de voyageurs en Allemagne traite 195 appels d'offres dont 96 contenant des informations sur le prix. Les résultats sont statistiquement significatifs au niveau agrégé.

L'analyse permet de constater une réduction significative du coût pour les Autorités Organisatrices allemandes par la mise en concurrence des services ferroviaires. Cette réduction est plus prononcée pour des lignes rapides et des lignes urbaines avec des recettes plus élevées. C'est aussi le cas des lots suffisamment grands pour permettre une exploitation économique.

Il n'y a pas de différence systématique de coût selon que l'entreprise gagnante est la DB ou un de ses concurrents. Les entreprises françaises Véolia/Transdev et Kéolis pratiquent des prix du marché allemand et gagnent ainsi des appels d'offres.

La réduction sensible des moyens financiers en 2007 et 2008 a été amortie et n'a pas entraîné une diminution de l'offre transport ferroviaire régional de voyageurs.

Le marché souffre encore de nombreuses distorsions en faveur de l'entreprise intégrée DB. Les concurrents de la DB nomment par exemple<sup>37</sup> le pouvoir sur le réseau, les prix discriminatoires des sillons, des droits d'accès en gare et de l'électricité de traction, le pouvoir sur la tarification, des provisions discriminatoires pour la vente des billets ou une surcompensation de la DB dans les "grandes conventions" DB-régions.

Le marché est encore en train de se développer et les résultats obtenus ne peuvent être facilement projetés dans le futur. Dans le cas d'un ajustement du cadre général de la concurrence dans ce secteur, on peut s'attendre à des réductions de coût supérieures à l'état actuel.

---

<sup>37</sup> Wettbewerberbericht 2009, KCW 2009 (Le rapport des concurrents 2009), disponible: [www.mofair.de/db/news/meldung\\_5919.html](http://www.mofair.de/db/news/meldung_5919.html)



## A2. Estimation des coûts d'exploitation en France sur quelques relations



## A2.1. INTRODUCTION

Le présent rapport a pour objet de détailler un modèle de coûts d'exploitation pour le transporteur historique pour l'activité TER. Il se base essentiellement sur les travaux des modèles de coûts établis pour le compte de Réseau Ferré de France.

Tous les coûts sont ici exprimés en €2010.

Les éventuelles conversions monétaires ont été effectuées via la prise en compte de l'IPC hors tabac qui est le suivant depuis 2010 :

IPC hors tabac		
Année	indice au 1/1	% / année passée
2010	118,3	1,0%
2009	117,1	0,7%
2008	116,3	2,8%
2007	113,16	1,2%
2006	111,77	2,1%
2005	109,5	1,5%
2004	107,9	1,5%
2003	106,3	1,8%
2002	104,4	2,1%
2001	102,3	1,2%
2000	101,1	1,5%
1999	99,6	0,1%
1998	99,5	

Figure 74 IPC hors tabac

## A2.2. PRECAUTIONS D'USAGE

Les coûts présentés ici ne sont qu'une estimation, avec les données disponibles, des charges du transporteur historique français. Des bouclages sont effectués, quand les données sont disponibles, à l'échelle nationale permettant un contrôle agrégé.

Ce modèle de coût n'a pas prétention à expliquer les variations futures, et les évolutions qui pourront arriver dans une logique de mise en concurrence de plusieurs opérateurs ferroviaires.

Il est de plus à noter que les coûts présentés ici représentent le coût du TER et non un prix de vente, prix de vente qui représente le coût pour la région. Ce coût est estimé à 19,8€ du train.km pour l'année 2009 (source V&T 2010)

## **A2.3. LES DIFFERENTES CHARGES**

Les charges pour un transporteur sont, en première approximation, les suivants :

Des charges de circulation :

**Des coûts horaires de conduite et d'accompagnement.** Les valeurs horaires des coûts de conduite peuvent, en première approche être considérés comme fixes pour tous les types de trains express régionaux. Quant aux coûts d'accompagnement, ils peuvent différer selon le nombre d'ASCT<sup>38</sup> par type de train (et selon la fréquentation et le type de dessertes).

**Des coûts kilométriques.** Il s'agit du **coût de l'énergie** qui diffère selon la masse totale du train, ainsi que du type d'énergie (diesel ou électrique). Les coûts d'entretien<sup>39</sup> peuvent aussi être affectés au prorata des kilomètres.

Des **coûts fixes** : coûts de manœuvre, etc.

Des charges au sol :

Des coûts de billettique par voyageur.

Des charges de matériel :

**Coûts de capital** : transformés en coûts horaires.

**Taxe IFER** : transformée en coût horaire.

Des frais de structure estimés à 10%.

Il convient de rajouter, en plus de ses coûts la redevance d'infrastructure, mais qui ne peut être considérée comme un coût.

---

<sup>38</sup> Agent de Sécurité et de Contrôle du Train : contrôleur.

<sup>39</sup> Nous verrons qu'il s'agit du poste le plus délicat à traiter.



## A2.4. LE MATERIEL ROULANT

Quatre grandes familles de TER sont, en première approche, dégagées pour ce modèle de coût :

- TER tracté par une locomotive électrique + voitures de type Corail
- TER tracté par une locomotive diesel + voitures de type Corail
- Automotrice : caisses Z + caisses ZR
- Autorails : caisses X + caisses XR



Autorail



Automotrice



TER tracté

Selon chaque type d'OD, le type de TER ainsi que le nombre d'éléments de chaque type sera précisé. On ne distinguera pas les différences entre les différentes automotrices ou les différents autorails (qui peuvent jouer sur le coût d'entretien ainsi que le coût de capital). Les valeurs moyennes d'achat sont détaillées plus bas.

## A2.5. HYPOTHESES RETENUES

### A2.5.1. Coûts de personnel : conduite et ASCT

Les coûts supposés sont les suivants<sup>40</sup> :

Poste	Coût horaire (€/h)
Heure accompagnement (par ASCT)	81,00
Conduite	228,77

Figure 75 Coûts de personnel

### A2.5.2. Coûts de manœuvre<sup>41</sup>

Ils correspondent à la mise à disposition du train pour son utilisation commerciale. Ils sont de 40€ par voyage.

### A2.5.3. Coûts d'énergie<sup>42</sup>

Ils sont les suivants :

Type d'énergie	€2010 / kTBC.km
Energie électrique	0,00201
Energie diesel	0,00190

Figure 76 Energie

<sup>40</sup> Hypothèses RFF issue d'une étude GL

<sup>41</sup> Hypothèse RFF issue d'une étude GL

<sup>42</sup> Hypothèse RFF issue d'une étude GL

#### A2.5.4. Utilisation du matériel

Les hypothèses retenues sur le kilométrage annuel<sup>43</sup> sont les suivantes :

Type de matériel	Kilométrage annuel
Locomotive électrique	140 000 km
Locomotive diesel	47 000 km
Automotrice électrique	100 000 km
Autorail	92 000 km

Figure 77 Kilométrage annuel selon matériel

La correspondance en heures d'utilisation est établie sur la base d'une vitesse moyenne de 65 km/h<sup>44</sup>, vitesse moyenne des TER sur le réseau français.

#### A2.5.5. Coûts d'entretien

Les modèles de coût GL permettent de connaître les coûts des TER tractés (même matériel, seul le nombre de voitures diffère). Quant aux coûts d'entretien pour les automotrices/autorails, des équivalences ont dû être établies (la vérification de ces dernières a été faite de manière macroéconomique).

- Pour les TER tractés<sup>45</sup>, des coûts annuels ainsi que kilométriques sont connus pour les locomotives + les voitures. Ils se décomposent en :

des coûts annuels d'entretien pour les voitures : 17 000€ par voiture Corail ;

des coûts d'entretien kilométriques pour les voitures et les locomotives : de l'ordre de 0,68€/km pour les locomotives et 0,28€/km pour les voitures.

- Pour les automotrices et les autorails, le calcul a été fait sur la base des équivalences suivantes :

Élément Z : assimilé à ½ locomotive électrique + ½ voiture ;

Élément X : assimilé à ½ locomotive diesel + ½ voiture ;

Élément ZR et XR : assimilé à 1 voiture ;

Élément Z à deux bogies : assimilé à ¾ locomotive électrique + ¼ voiture ;

Élément ZR à deux étages : assimilé à 1,8 voiture.

---

<sup>43</sup> Source : Mémentos SNCF (2004)

<sup>44</sup> Source : Étude du CERTU sur les TER (2000)

<sup>45</sup> Source : documents RFF (2000)

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Frais d'entretien en €/km			
Type de matériel	€/an	km/an	€/km
Locomotive électrique	94 370	140 000	0,67
Locomotive diesel	31 680	47 000	0,67
Voiture	50 500	120 000	0,42
Z	56 170	100 000	0,57
X	52 360	92 000	0,57
ZR	44 940	100 000	0,45
XR	42 710	92 000	0,46

Figure 78 Frais d'entretien selon matériel

Vérifications : Sur l'exercice 2002, un document SNCF<sup>46</sup> précise les coûts de maintenance à la hauteur de 190 M€ pour l'Île-de-France et 288 M€ pour le TER. Après recensement du matériel<sup>47</sup> (données pour mi-juin 2002), l'on arrive aux valeurs suivantes : 183 M€ pour l'IdF (soit 98%) et 281 M€ pour le TER (soit 99%). *Ainsi de manière macroéconomique, les charges de maintenance se bouclent.*

### A2.5.6. Coûts de capital

Au niveau des coûts de capital, les données sont calculées sur la base d'une durée d'amortissement de 30 ans à 6%. Les coûts de capital, en moyenne, sont de:

Type de matériel	Valeur achat <sup>48</sup>	Annuité capital (6% sur 30 ans)
Locomotive électrique	3 210 000 €	233 203 €
Locomotive diesel	3 210 000 €	233 203 €
Voiture	856 000 €	62 187 €
Élément X	1 605 000 €	116 602 €
Élément Z	1 605 000 €	116 602 €
Élément XR	1 070 000 €	77 734 €
Élément ZR	1 070 000 €	77 734 €

Figure 79 Coûts du matériel, annuités

<sup>46</sup> « Le matériel en quelques chiffres » (mai 2003)

<sup>47</sup> Article issu de « la «vie du rail » de fin 2002.

<sup>48</sup> « Le matériel en quelques chiffres » (mai 2003) + docs RFF

Il s'agit bien sûr de coûts *moyens*, issus de coûts d'achats moyens. Notamment pour les automotrices, autorails, il existe parfois des différences importantes entre les différents matériels.

### A2.5.7. Remplacement de la taxe professionnelle : IFER

A noter qu'à partir de 2010, la taxe professionnelle est supprimée et remplacée par l'IFER (à payer de manière annuelle), calculée comme suit, matériel par matériel :

CATÉGORIE DE MATÉRIELS ROULANTS	TARIFS
Engins à moteur thermique	
Automoteur	30 000
Locomotive diesel	30 000
Engins à moteur électrique	
Automotrice	23 000
Locomotive électrique	20 000
Motrice de matériel à grande vitesse	35 000
Engins remorqués	
Remorque pour le transport de voyageurs	4 800
Remorque pour le transport de voyageurs à grande vitesse	10 000

Figure 80 IFER matériel par matériel

Ce poste est ajouté à l'annuité de capital. On obtient ainsi les valeurs suivantes pour l'annuité majorée de l'IFER :

Type de matériel	Valeur achat <sup>49</sup>	Annuité capital (6% sur 30 ans)+ IFER
Locomotive électrique	3 210 000 €	253 203 €
Locomotive diesel	3 210 000 €	263 203 €
Voiture	856 000 €	66 987 €
Élément X	1 605 000 €	146 602 €
Élément Z	1 605 000 €	139 602 €
Élément XR	1 070 000 €	82 534 €
Élément ZR	1 070 000 €	82 534 €

Figure 81 Annuité majorée de l'IFER

<sup>49</sup> « Le matériel en quelques chiffres » (mai 2003) + docs RFF

## A2.5.8. Billettique

Il s'agit d'un poste très difficile à estimer. Les modèles de coûts GL donnent un prix de 3,60€/voyageur. Pour le TER l'on prend, par hypothèse, une réduction de 50% par rapport aux 3,60€ donnés en référence (pour tous les trains) du fait de la plus grande simplicité du billet (et ainsi moins de temps de délivrance du billet) mais surtout des abonnements qui peuvent représenter 60% (issus mémento SNCF) de la clientèle TER.

## A2.5.9. Redevance RFF (barème 2010)

Le calcul de la redevance est effectué pour chacune des lignes étudiées. Les hypothèses de travail sont : 40% heure pleine + 60% heure normale. La valeur de la redevance est consignée dans le tableau suivant :

Prix unitaires en €		Catégories tarifaires							
		A	B	C	C*	D	D*	E	
Redevance de réservation (RR)	PKR <sup>(1)</sup> , terme général, prix par sillon-kilomètre	heures creuses	2,346	1,104	0,532	0,532	0,212	0,212	0,031
		heures normales	4,692	2,207	1,063	1,063	0,423	0,423	0,062
		heures intermédiaires	5,865	2,759	1,329	1,329	0,529	0,529	0,078
		heures pleines	7,038	3,311	1,595	1,595	0,635	0,635	0,093
Redevance de circulation	Trains régionaux de voyageurs, hors Transilien, PKC par train-kilomètre		2,109					1,265	
	Trains régionaux de voyageurs Transilien, PKC par train-kilomètre		3,088					1,853	
Redevance d'accès (RA)	Trains régionaux de voyageurs Alsace, prix pour l'horaire de service		49 661 700						
	Trains régionaux de voyageurs Aquitaine, prix pour l'horaire de service		70 303 700						
	Trains régionaux de voyageurs Auvergne, prix pour l'horaire de service		70 596 000						
	Trains régionaux de voyageurs Basse-Normandie, prix pour l'horaire de service		31 108 900						
	Trains régionaux de voyageurs Bourgogne, prix pour l'horaire de service		67 837 800						
	Trains régionaux de voyageurs Bretagne, prix pour l'horaire de service		56 363 600						
	Trains régionaux de voyageurs Centre, prix pour l'horaire de service		80 516 100						
	Trains régionaux de voyageurs Champagne-Ardenne, prix pour l'horaire de service		51 092 200						
	Trains régionaux de voyageurs Franche-Comté, prix pour l'horaire de service		38 176 000						
	Trains régionaux de voyageurs Haute-Normandie, prix pour l'horaire de service		35 338 300						
	Trains régionaux de voyageurs Languedoc-Roussillon, prix pour l'horaire de service		43 608 200						
	Trains régionaux de voyageurs Limousin, prix pour l'horaire de service		42 176 700						
	Trains régionaux de voyageurs Lorraine, prix pour l'horaire de service		72 457 300						
	Trains régionaux de voyageurs Midi-Pyrénées, prix pour l'horaire de service		79 070 000						
	Trains régionaux de voyageurs Nord-Pas-de-Calais, prix pour l'horaire de service		75 337 200						
	Trains régionaux de voyageurs Pays de la Loire, prix pour l'horaire de service		64 158 600						
	Trains régionaux de voyageurs Picardie, prix pour l'horaire de service		68 116 800						
	Trains régionaux de voyageurs Poitou-Charentes, prix pour l'horaire de service		38 389 900						
	Trains régionaux de voyageurs Provence-Alpes-Côte-d'Azur, prix pour l'horaire de service		62 004 400						
	Trains régionaux de voyageurs Rhône-Alpes, prix pour l'horaire de service		148 951 700						
Trains régionaux de voyageurs Transilien, prix pour l'horaire de service		198 896 600							

Figure 82 Redevance IFR barème 2010

A noter que la redevance d'accès n'est pas – à l'heure d'écriture de ce document (2010) – à la charge du transporteur. Cette composante des péages n'est donc pas prise en compte dans le calcul des charges ci-après.

## A2.5.10. Typologie des lignes TER et choix des origines-destinations

Afin de valider le modèle de coûts et de le « tester » sur différentes OD, il est nécessaire de dégager différents types de lignes TER. Différents critères peuvent être utilisés tels que :

- La fréquentation de la voie (nombre de TER par jour) ;

- Le matériel utilisé ;
- Le type de liaison.

Il convient à ce stade d'expliciter les différents types de liaison :

- **Liaison périurbaine** : liaison au départ d'un pôle (ville importante) avec une desserte fine (arrêts rapprochés), une fréquence élevée et un trajet court en temps (de moins de 1h) ;
- **Liaison intercity** : liaison entre deux villes importantes ou moyennement importantes ;
- **Liaison rurale** : liaison ne desservant aucune ville importante.

Si l'on retient ce dernier critère (croisé avec le matériel utilisé), il est possible de prendre en exemple les lignes suivantes (les chiffres donnés sont le nombre de TER/j *dans un seul sens*) :

Liaison de type périurbaine. Deux types peuvent être différenciés : le périurbain vers une capitale régionale (ou une grande ville) ou le périurbain sur un corridor dense.

Lille Flandres – Lens (29 TER/j)

Lyon St Paul – Lozanne (18 TER/j)

Menton – Cannes – Grasse (16 TER/j)

Liaison intercity de grande ville vers une autre grande ville.

Saint Etienne – Lyon (47 TER/j)

Metz – Nancy (44 TER/j)

Marseille – Toulon (Nice) (30 TER/j)

Lyon – Marseille (6 TER/j)

La différence entre le périurbain et la liaison intercity entre deux grandes villes proches est parfois difficile à effectuer. Seule la desserte du train (nombre d'arrêts) permet de faire une différence et une même OD peut ainsi être classée dans les deux types. Un approfondissement ultérieur consisterait peut-être à limiter le périurbain à un temps de parcours inférieur à un certain seuil (ou des arrêts rapprochés d'au moins x kilomètres) et de considérer comme liaisons intercity les autres relations.

Liaison rurale ou entre villes moyennes. Sont considérés ici des trains de « section » à vocation rurale, ou encore des trains créés pour assurer une correspondance avec un train GL.

Brive La Gaillarde – Rodez (2 TER/j)

Ales – Mende (3 TER/j)

Marseille – Briançon (3 TER/j)

Bourges – Nevers (10 TER/j)

Toulouse – Mazamet (10 TER/j)

## Saint Etienne – Le Puy en Velay ( 10 TER /j)

On peut séparer ces liaisons rurales en deux types selon le nombre de TER par jour. Deux sous-catégories peuvent être faites : moins de 5 TER/j, plus de 5 TER/j.

Si l'on croise avec le matériel utilisé, l'on arrive à la sélection des OD suivantes :

Relation	Nombre de TER/j dans un sens	Type de matériel
Lyon St Paul – Lozanne	18	Autorail
Menton – Cannes – Grasse	16	Automotrice
Saint Etienne – Lyon	47	Automotrice électrique
Lyon – Marseille	6	TER tracté électrique
Marseille – Briançon	3	TER tracté diesel
Ales – Mende	3	Autorail

Figure 83 Relation, fréquence, et type de matériel

### A2.5.11. Hypothèses sur la fréquentation et la réduction moyenne

#### A2.5.11.1. Fréquentation des trains

Les hypothèses effectuées se basent sur des données régionales. **Ne voulant pénaliser fortement le choix des lignes (problème de la représentativité)**, trois chiffres types ont été retenus :

- 35 voyageurs/train pour une ligne essentiellement rurale (chiffre issu de la fréquentation des trains dans la région Auvergne) ;
- 90 voyageurs/train pour une ligne avec une desserte essentiellement périurbaine (chiffres issus de Rhône-Alpes et Nord Pas de Calais, majoré pour tenir compte de la spécificité des liaisons périurbaines à fort taux d'occupation) ;
- 63 voyageurs/train dans les autres cas (moyenne nationale de 60 voy/train)<sup>50</sup>.

Un effet « fréquence » étant indéniable, il faut modérer ces chiffres en fonction de l'offre proposée.

#### A2.5.11.2. Recettes, pourcentage de réduction moyen

---

<sup>50</sup> L'ensemble de ces chiffres sont extraits du dossier « Villes et transports de 2004 ».



Le prix moyen kilométrique est issu de la formule kilométrique de la SNCF. Il est rappelé ci-dessous :

Le prix de base seconde classe( pour les trajets dans certains trains autres que TGV) est calculé selon la formule :  $P = a + bd$ .

P étant le prix, a une constante, b le prix kilométrique et d la distance tarifaire.

Le prix plein tarif d'un billet pour un trajet effectué en 1<sup>ère</sup> classe est déterminé à partir du prix calculé en 2<sup>ème</sup> classe auquel est appliqué le coefficient de majoration de 1,5. Le montant obtenu est arrondi au dixième d'euro supérieur.

Distance (d)		Constance (a)		Prix kilométrique (b)	
de	à	1 <sup>ère</sup> classe	2 <sup>ème</sup> classe	1 <sup>ère</sup> classe	2 <sup>ème</sup> classe
1	16 km	1,0167	0,6778	0,2541	0,1694
17	32 km	0,3272	0,2181	0,2829	0,1886
33	64 km	2,7056	1,8037	0,2088	0,1392
65	109 km	3,7749	2,5166	0,1944	0,1296
110	149 km	5,3393	3,5595	0,1863	0,1242
150	199 km	10,5657	7,0438	0,1559	0,1039
200	300 km	10,1363	6,7575	0,1580	0,1053
301	499 km	17,8407	11,8938	0,1347	0,0898
500	799 km	24,1050	16,0700	0,1203	0,0802
800	999 km	42,0825	28,0550	0,0986	0,0657

Figure 84 Prix moyen kilométrique

La principale difficulté pour les TER consiste à savoir, en moyenne, quel pourcentage du plein tarif de la 2<sup>ème</sup> classe est payé par les voyageurs. La difficulté du calcul vient de l'importance des abonnements (travail et études) qui peuvent représenter 60% de la clientèle TER – Le reste provient du plein tarif (20%) et du demi-tarif (20%).

Pour chaque OD et afin de calculer un taux de couverture, il est nécessaire de calculer la répartition entre les voyageurs plein tarif, les voyageurs avec différentes réductions (25%, 50%, 75%) et la part des abonnements (dépendant bien sûr de la distance).

D'après l'étude des mémentos statistiques SNCF (2003), on distingue deux catégories de voyageurs :

- Les abonnés (leur nombre varie selon le temps de parcours). L'étude de différentes formules d'abonnement à la fois pour les travailleurs ainsi que les étudiants permet d'affirmer qu'en moyenne (et sur la base d'un AR par jour de travail/d'études) la réduction est de l'ordre de 75% sur le plein tarif 2e classe. Il s'agit cependant d'un tarif social et l'on peut estimer que la SNCF récupère 90% du prix du billet ;
- Les voyageurs avec billet. En tenant compte des deux classes et des différentes formules (cartes de réduction, prix promotionnels, etc.), on peut établir que la réduction est en moyenne de 25 % sur le plein tarif 2<sup>e</sup> classe.

La difficulté qui reste à établir est le % d'abonnés par OD. Il sera introduit de manière manuelle dans le modèle.

Sur la question des recettes, une vérification est également effectuée à l'aide de quelques comptes issus des régions et permettant sur des lignes où sont connus les voyageurs.km et les recettes d'obtenir une recette moyenne au voy.km. Cette valeur est bien sûr une valeur moyenne, à tempérer en fonction de la distance (plus la distance est courte, plus le produit moyen au kilomètre est élevé).

Les valeurs obtenues de recette moyenne au VK sont de l'ordre de 10 centimes du kilomètre (incluant prix du billet et compensations tarifaires (cartes, abonnements et forfaits pris en compte et kilométrisés).

## A2.6. RESULTATS SUR LES COUTS ET LES RECETTES

Le modèle est ensuite testé sur quelques O-D où ne circulent (presque) qu'un seul des quatre types de TER présentés ci-dessus. Tout est bien sûr paramétrable.

La fréquentation, ainsi que le matériel, ayant été moyennés, il faut conserver l'idée que ces résultats sont représentatifs du type de la liaison, plus encore que de la liaison elle-même.

Type de ligne (Cf. doc. Sur typologie des lignes TER)	Données sur le train					Liaison				Total				
	Type de train (code)	Nb Loci/ZX	Nb Voili/ZR/ZX	Nb ASCT	Nb places	Liaison	Nb TER/jour (2 sens)	distance (km)	temps (h)	nombre de voyageurs	Coût total	Coût/K	Coût/VK	Coût au siège transporté
périurbain	autorail	1	1	1	130	Lyon St - Paul – Lozanne	35	24	0,55	90	580,36	24,182	0,269	0,186
intercité	autorail	1	1	1	130	Toulouse – Mazamet	18	105	1,50	62	1 244,90	11,856	0,191	0,091
périurbain	automotrice	1	1	1	130	Saint Etienne – Lyon	97	59	0,80	90	914,83	15,506	0,172	0,119
périurbain	automotrice	1	1	1	130	Menton – Grasse	32	74	2,00	90	1593,29	21,531	0,239	0,166
intercité	TER tracté_diesel	1	4	2	370	Marseille – Briançon	6	315	4,50	62	7 147,59	22,691	0,366	0,061
intercité	TER tracté_elec	1	4	2	370	Lyon Perrache – Marseille	10	356	3,65	62	5084,44	14,282	0,230	0,039
rural	autorail	1	0	1	50	La Roche sur Yon – Thouars	2	115	1,80	35	1157,89	10,069	0,288	0,201
rural	autorail	1	0	1	50	Ales – Mende	6	113	2,25	35	1354,21	11,984	0,342	0,240

Figure 85 Coûts par liaison

Le détail des coûts est présenté dans le tableau ci-dessous :

Type de ligne (Cf. doc. Sur typologie des lignes TER)	Données sur le train	Liaison	Coûts horaires		Coûts kilométriques		Coûts fixes	Coût au voy.	Frais de structures	Redevance	Total			
			Coût de conduite + ASCT	Coût de capital + FEER	Energie	Entretien	(manœuvre etc.)	(bilétique)	Frais de structure	Redevance RFF	Coût total	Coût/K	Coût/VK	Coût au siège transporté
périurbain	autorail	Lyon St - Paul – Lozanne	170,36	81,92	5,01	23,50	39,77	167,39	48,80	43,60	580,36	24,182	0,269	0,186
intercité	autorail	Toulouse – Mazamet	464,66	223,41	21,91	102,80	39,77	115,32	96,79	130,24	1 244,90	11,856	0,191	0,091
périurbain	automotrice	Saint Etienne – Lyon	247,82	125,56	13,02	56,55	39,77	167,39	65,01	199,70	914,83	15,506	0,172	0,119
périurbain	automotrice	Menton – Grasse	619,55	313,89	16,34	70,93	39,77	167,39	122,79	242,6376	1593,29	21,531	0,239	0,166
intercité	TER tracté_diesel	Marseille – Briançon	1 758,49	3 304,30	173,32	680,09	39,77	115,32	607,13	469,17	7 147,59	22,691	0,366	0,061
intercité	TER tracté_elec	Lyon Perrache – Marseille	1 426,33	882,82	207,18	768,61	39,77	115,32	344,00	1300,412	5084,44	14,282	0,230	0,039
rural	autorail	La Roche sur Yon – Thouars	557,59	171,52	13,09	65,52	39,77	65,16	91,26	154,031	1157,89	10,069	0,288	0,201
rural	autorail	Ales – Mende	696,98	214,41	12,96	64,38	39,77	65,16	109,35	151,3524	1354,21	11,984	0,342	0,240

Si l'on exclut les redevances, les coûts d'exploitation purs sont les suivants :

Type de ligne (Cf. doc. Sur typologie des lignes TER)	Données sur le train Type de train (code)	Liaison				Total hors Redevance				
		Liaison	Nb TER/jour (2 sens)	distance (km)	temps (h)	nombre de voyageurs	Coût total	Coût/TK	Coût/MK	Coût au siège transporté
périurbain	autorail	Lyon St - Paul – Lozanne	35	24	0,55	90	536,76	22,365	0,248	0,172
intercité	autorail	Toulouse – Mazamet	18	105	1,50	62	1 064,66	10,140	0,164	0,078
périurbain	automotrice	Saint Etienne – Lyon	97	59	0,80	90	715,13	12,121	0,135	0,093
périurbain	automotrice	Menton – Grasse	32	74	2,00	90	1350,652	18,252	0,203	0,140
intercité	TER tracté_diesel	Marseille – Briançon	6	315	4,50	62	6 678,42	21,201	0,342	0,057
intercité	TER tracté_elec	Lyon Perrache – Marseille	10	356	3,65	62	3784,03	10,629	0,171	0,029
rural	autorail	La Roche sur Yon – Thouars	2	115	1,80	35	1003,857	8,729	0,249	0,175
rural	autorail	Ales – Mende	6	113	2,25	35	1202,861	10,645	0,304	0,213

Figure 86 Coûts par liaison hors redevance

Pour les liaisons de courte distance (typiquement ici Lyon St Paul – Lozanne), les résultats par TK élevés s’expliquent à la fois par des coûts fixes importants qui ne peuvent être absorbés par la distance ou des redevances élevées. La répartition moyenne des coûts (moyenne pondérée par les TK) se présente comme suit :

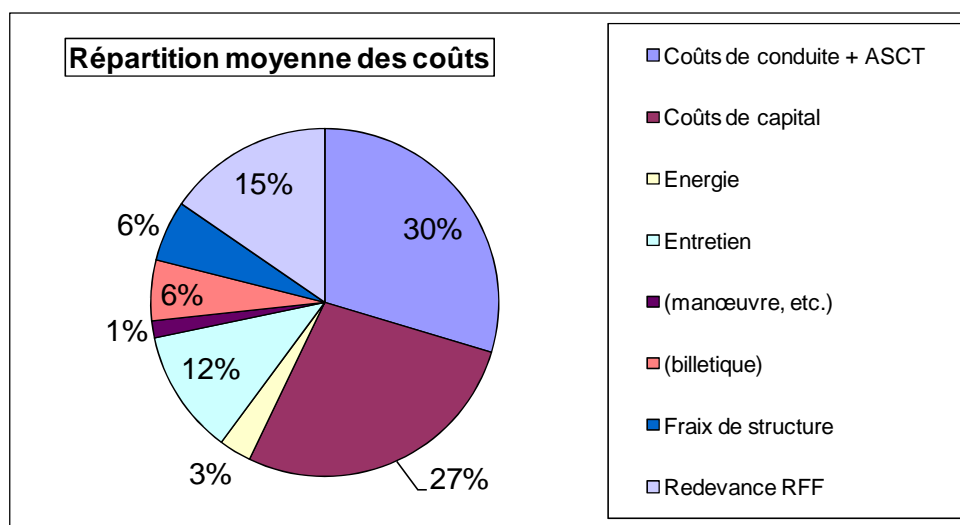
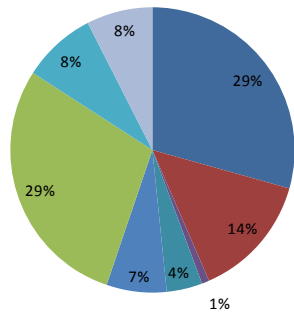


Figure 87 Répartition moyenne des coûts

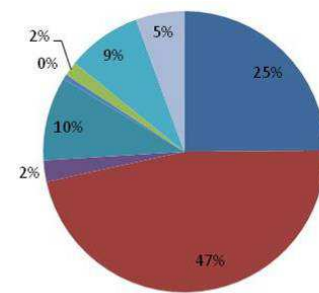
Les quatre postes (totalisant 88% du coût) les plus importants sont ainsi :

- Les coûts de conduite et d’encadrement ;
- Le coût de capital ;
- La redevance RFF (très variable selon la mission) ;
- L’entretien.

En présentant deux cas extrêmes, l’on peut voir des variations selon les OD :



Coûts sur Lyon – Lozanne



Coûts sur Marseille – Briançon

Figure 88 Différences entre répartition des coûts

La différence de répartition des coûts s’explique simplement par la différence de matériel (voitures corail + locomotive vs automotrice). On peut remarquer le poids important des coûts fixes sur Lyon – Lozanne, ainsi que le poids de la billettique (cela étant expliqué par le nombre bien plus élevé de voyageurs).

A titre de comparaison, un modèle précédemment établi sur les trains Corail interrégionaux (TIR) établissait un coût au train.km de l’ordre de 24€ pour un Paris Dieppe en TIR long et de l’ordre de 21,50€ pour un Paris Strasbourg en Teoz.

Un autre indicateur peut être le coût au siège kilomètre (ce qui permet de s’affranchir des difficultés des chiffres de fréquentation). Il faut cependant modérer cette valeur car les trains longs sont bien sur favorisés (50% des coûts hors péages ne dépendent pas du matériel) au détriment des trains courts.

Le taux de couverture est finalement explicité dans le tableau ci-dessous :

Type de ligne (Cf. doc. Sur typologie des lignes TER)	Données sur le train					Liaison				Total				Recettes			Taux de couverture hors redevance		
	Type de train (code)	Nb Loc/ZX	Nb Voil/ZRX	Nb ASCT	Nb places	Liaison	Nb TER/jour (2 sens)	Distance (km)	Temps (h)	Nombre de voyageurs	Coût total	Coût/TK	Coût/K	Coût au siège transporté	Coût du billet PT 2e	% abonnés		Recettes	Taux de couverture
périurbain	autorail	1	1	1	130	Lyon St - Paul – Lozanne	35	24	0,55	90	580,36	24,182	0,269	0,186	4,14	60%	312,83	54%	58%
intercité	autorail	1	1	1	130	Toulouse – Mazamet	18	105	1,50	62	1 244,90	11,856	0,191	0,091	13,96	20%	675,15	54%	63%
périurbain	automotrice	1	1	1	130	Saint Etienne – Lyon	97	59	0,80	90	914,83	15,506	0,172	0,119	8,71	60%	658,85	72%	92%
périurbain	automotrice	1	1	1	130	Menton – Grasse	32	74	2,00	90	1593,29	21,531	0,239	0,166	10,48	60%	792,5	50%	59%
intercité	TER tracté diesel	1	4	2	370	Marseille – Briançon	6	315	4,50	62	7 147,59	22,691	0,366	0,061	33,65	20%	1 627,22	23%	24%
intercité	TER tracté elec	1	4	2	370	Lyon Perrache – Marseille	10	356	3,65	62	5084,44	14,282	0,230	0,039	36,73	20%	1776,32	35%	47%
rural	autorail	1	0	1	50	La Roche sur Yon – Thouars	2	115	1,80	35	1157,89	10,069	0,288	0,201	15,27	20%	416,994	36%	42%
rural	autorail	1	0	1	50	Ales – Mende	6	113	2,25	35	1354,21	11,984	0,342	0,240	15,06	20%	411,19	30%	34%

Figure 89 Taux de couverture

Il varie de 30% à 70% selon les lignes.

## A3. Visites de quelques petits réseaux en Europe



## A3.1. SAUVETAGE ET RENOVATION D'UNE EXPLOITATION FERROVIAIRE FRANÇAISE CONDAMNÉE : LE CAS DU RESEAU BRETON

### A3.1.1. Problématique

Au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle, la Bretagne vit pratiquement en économie fermée, faute de moyens terrestres de communication, mais tout change avec le chemin de fer qui parvient en 1857 à Rennes, en 1863 à Quimper et en 1865 à Brest.

Ces voies desservent le littoral qui voit son économie transformée et sont vite complétées en partie Ouest par 2 transversales joignant Quimper à Landerneau et Auray à Saint Brieuc :



Figure 90 Voies bretonnes au 19ème siècle

Le Centre - Ouest ressent dès lors un fort sentiment d'isolement en dépit de la présence du canal de Nantes à Brest mis en service quelques décennies plus tôt seulement, mais estimé alors impropre aux besoins locaux, aussi, les Elus du secteur n'ont de cesse d'obtenir de l'Etat la construction de chemins de fer au Centre Bretagne.

La Compagnie de l'Ouest est sollicitée par l'Etat mais, craignant une affaire insuffisamment profitable, elle n'accepte qu'à deux conditions :

- Le recours à une construction économique par le suivi au plus près de la topographie et l'adoption de l'écartement métrique (dans le cadre toutefois du dégagement d'un gabarit à voie normale), de façon à réduire les coûts de construction de 30 % environ.
- L'affermage de l'exploitation du réseau.

La convention entre l'Etat et la Compagnie de l'Ouest intervient en 1883. La convention entre la Compagnie de l'Ouest et son fermier, la Compagnie Générale des Chemins de fer Economiques, intervient en 1886. Les premières lignes sont livrées en 1891 et les travaux se poursuivent jusqu'en 1907.

Une dernière ligne sera ultérieurement mise en service de 1923 à 1925.

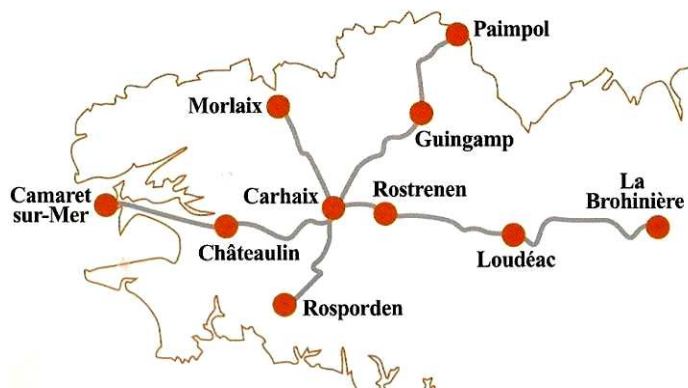


Figure 91 Réseau Breton

La vie de l'ensemble désormais dénommé « Réseau Breton » (ou RB), va connaître 4 périodes bien distinctes.

#### A3.1.1.1. De la construction aux années 1930

Le trafic fret est important et en expansion continue, mais économiquement handicapé par la dualité d'écartement des voies imposant des transbordements manuels, phénomène sous-estimé à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, période où la main d'œuvre était disponible, abondante et peu coûteuse, ce qui va cesser dès la fin de la première guerre mondiale. En 1924, la ligne de Guingamp à Paimpol, la plus importante en trafic fret, reçoit un troisième rail à écartement standard.

Le trafic voyageurs est traité uniquement de façon locale au moyen de trains mixtes lents et chaque ligne (8 en tout !) est exploitée isolément.

#### A3.1.1.2. Des années 1930 aux années 1960

Le trafic fret reste important et le handicap des transbordements un peu atténué par l'implantation de portiques dans certaines gares.

Le trafic voyageurs résiste à la concurrence routière (autocars), lorsqu'après la seconde guerre mondiale la majorité du trafic est assuré par autorails suffisamment rapides et confortables, ce qui n'empêche pas la fermeture de deux sections de ligne.

#### A3.1.1.3. Des années 1960 aux années 1990

Le trafic fret reste important mais le handicap des transbordements devient toujours plus aigu et conduit l'Etat à décider la disparition des voies métriques, en contrepartie de la mise à voie normale en 1967 de Carhaix à Guingamp.



Le trafic voyageurs, en érosion constante, s'effondre après 1967 (transfert sur route) et se maintient sur les deux lignes mises à voie normale, mais le déficit atteint des sommets.

La SNCF décide alors la suppression de tout le RB.

Il est à remarquer que lorsqu'elle était techniquement possible, jamais l'exploitation n'a été envisagée dans une perspective régionale.

Pourtant, une transversale de Paimpol (et Saint Briec) à Concarneau (et Quimper) eût été possible après mise à voie normale.

De même, le maintien de la section à voie métrique des ex - Tramways d'Ille et Vilaine de Rennes à Romillé eût permis, au prix de la construction de 18 km de ligne rejoignant La Brohinière, de valoriser la Bretagne centrale par une ligne régionale de Rennes à Camaret.

De même, un accroissement substantiel de l'offre en vue d'accroître fortement le trafic à l'instar de ce qui s'est produit sur tous les réseaux ouest-européens à de rares exceptions près n'a jamais été envisagé.

#### **A3.1.1.4. Des années 1990 à nos jours**

Dès 1985, suite à la survenue de la LOTI en 1982, l'idée se fait jour de sauver le RB par conventionnement avec les Collectivités locales, en profitant de l'exploitation par affermage à CFTA, successeur de la CGCFE, qui permet des conditions d'exploitation souples et s'avère prêt à expérimenter toute solution innovante permettant de réduire le déficit d'exploitation.

Il est alors proposé de mettre en service un matériel roulant nouveau, performant et exploitable à agent seul, habilité à délivrer des titres de transport à bord aux arrêts facultatifs, constitué d'un autorail à essieux d'environ 50 places, dénommé A2E.

La Région Bretagne incorpore les deux lignes de Guingamp à Carhaix et Paimpol au conventionnement régional, système reconduit depuis lors.

Dans le cadre de l'exploitation de lignes régionales rurales, l'expérimentation peut être considérée satisfaisante et, lorsqu'après 20 ans d'exploitation les A2E sont retirés du service, il apparaît convenable de les remplacer par des autorails de capacité supérieure pour faire face à un trafic accru.

De plus l'idée de suppression des dessertes ferroviaires a perdu tout soutien.

#### **A3.1.2. L'expérimentation d'exploitation économique et sa mise en place**

Elle est le résultat des efforts conjugués d'un certain nombre d'acteurs:

- **Pour la conception** : Le constructeur Soulé (devenu S.B.R.F. puis CFD et actuellement CAF), assisté d'économistes de transport pour la définition générale du véhicule et de C.F.T.A. pour l'aménagement;

- **Pour le financement du développement** : L'Etat, à travers la DTT l'ANVAR et l'AFM.E (actuellement l'ADEME) ;
- **Pour le financement de la construction** : La Région Bretagne, Autorité Organisatrice ;
- **Pour l'exploitation** : La S.N.C.F. (Service d'Action Régionale), et C.F.T.A. fermier de la S.N.C.F.

Les lignes du RB présentaient diverses caractéristiques de grand intérêt dans le cadre d'une telle expérimentation :

- Souplesse du statut des personnels, à travers la polyvalence, dans le cadre d'une exploitation affermée ;
- Caractéristiques techniques des lignes représentatives du réseau secondaire français, à savoir un profil difficile et sinueux et des installations réduites ;
- Caractéristiques économiques d'origine susceptibles de rendre l'expérimentation réellement significative, à savoir la desserte de zones peu peuplées, un trafic faible et en constante érosion ;
- En effet, pour l'année 1989, on relève seulement 21,8 voyageurs par circulation en moyenne sur Guingamp - Paimpol et 12,1 sur Carhaix – Guingamp ;
- Ce faible trafic entraîne logiquement de médiocres résultats comptables, le ratio D / R atteignant 5,60 sur Guingamp - Paimpol et 9,6 sur Carhaix - Guingamp.

Chacune des lignes constitue un embranchement de la radiale Paris - Brest, raccordé à une gare de moyenne importance (Guingamp : 10.000 habitants) desservie par T.G.V. et dessert quelques communes moyennement peuplées (9000 habitants à Carhaix, 3000 à Callac, 1300 à Pontrieux et 8500 à PAIMPOL), dans un environnement globalement peu dense.

De plus, l'existence d'un dépôt encore actif à Carhaix constitue une exception aux caractéristiques habituelles des lignes d'embranchement françaises.

### **A3.1.3. Conditions techniques, économiques et financières de l'expérimentation**

Trois autorails A.2.E. ont été mis en service pour assurer l'ensemble des prestations sur les deux lignes.

Ils sont renforcés exceptionnellement par un engin ancien de type X 2400 racheté par la C.F.T.A. à la S.N.C.F. et rénové extérieurement, susceptible d'être également utilisé pour des affrètements touristiques.

Les mesures visant à abaisser les coûts d'exploitation sont celles liées à la mise en œuvre des nouveaux autorails, telle la suppression des Agents d'accompagnement, mais il n'a pas été prévu d'actions sur les infrastructures (renouvellement voies et ballast pour abaisser les frais d'entretien ou suppression de bâtiments par exemple).

Une mesure originale a été introduite dans l'exploitation par la possibilité de vente de titres de transport dans les autorails aux points d'arrêt sans personnel.

A cet effet, le poste de conduite actif est équipé d'un appareil "Digiplus" amovible.

Le financement du développement, estimé à 4 millions de francs 1989 environ, a été assuré par l'Etat par le biais de la D.T.T., de l'A.N.V.A.R. et de l'A.F.M.E.

Le financement des autorails a été assuré par la Région BRETAGNE, la S.N.C.F. et la C.F.T.A.

Le contrat prévoyait le retour des trois engins en pleine propriété à la S.N.C.F. au terme d'un délai de 15 ans.

L'inauguration du nouveau service s'est déroulée avec un certain faste officiel le 18 Mai 1990, le jour même (et c'est pure coïncidence !) où la rame T.G.V.A. 325 atteignait la vitesse record historique de 515,3 Km/h.

Les deux lignes ont été à l'époque conventionnées par la Région dans le cadre de la réglementation en vigueur (système F.C. 12 K.) et il a été mis en place un suivi technique et économique permettant d'apprécier les résultats en coût réel de l'expérimentation.

### **A3.1.4. Principales données recueillies après un an de mise en service**

#### **A3.1.4.1. Situation avant le 18 Mai 1990 (valeurs en Francs 1989)**

- Kilomètres effectués par an : 220 077
  - dont pour Guingamp - Carhaix : 119 822
  - pour Guingamp - Paimpol : 100 255
- Montant global des charges (infrastructure comprise) :
  - Global : 13 756 900 F
  - dont pour Guingamp - Carhaix : 7 183 900 F
  - pour Guingamp - Paimpol : 6 573 000 F
- Prix de revient du kilomètre :
  - Global : 62,50 F
  - sur GUINGAMP - CARHAIX : 59,95 F
  - sur GUINGAMP - PAIMPOL : 65,56 F

#### **A3.1.4.2. Situation 12 mois après**

- Kilomètres effectués :
  - Global : 308 035 (+ 40 %)

dont pour Guingamp - Carhaix :	181 135 (+ 51 %)
pour Guingamp - Paimpol :	126 900 (+ 26 %)
■ Montant global des charges (infrastructure comprise) :	
Global :	12 608 700 F (-8,3 %)
dont pour Guingamp - Carhaix :	6 709 950 F (-6,6 %)
pour Guingamp - Paimpol :	5 898 750 F (-10,2 %)
■ Prix de revient du kilomètre :	
Global :	40,93 F (-34,5 %)
dont pour Guingamp - Carhaix :	37,04 F (-38,2 %)
pour Guingamp - Paimpol :	46,48 F (-29,1 %)

#### Remarque:

Bien que les conditions d'exploitation des deux lignes soient proches, l'écart constaté ci-dessus provient de la différence du coût d'entretien des voies plus élevé de 43 % sur Guingamp -Paimpol.

En effet, sur cette ligne la voie est quasi-centenaire tandis qu'elle a été posée neuve en 1967 sur Carhaix - Guingamp lors du changement d'écartement.

#### **Evolution de la fréquentation**

(l'incidence de l'expérimentation concerne les valeurs en italique) :

Guingamp - Carhaix de Juin 1990 à Juin 1991 :

1985 - 1986 :	54 663 voyageurs
1986 - 1987 :	48 552 " (-11,17 %)
1987 - 1988 :	47 674 " (-1,80 %)
1988 - 1989 :	46 140 " (-3,21 %)
1989 - 1990 :	36 642 " (-20,58 %)
1990 - 1991 :	45 897 voyageurs (+25,25 %)

Guingamp - Paimpol de Juin 1990 à Juin 1991 :

1985 - 1986 :	90 057 voyageurs
1986 - 1987 :	81 783 " (-9,17 %)
1987 - 1988 :	76 022 " (-7,05 %)
1988 - 1989 :	73 316 " (-3,55 %)
1989 - 1990 :	64 902 " (-11,47 %)

1990 - 1991 : 75130 voyageurs ( +15,75 % )

### **A3.1.5. Conclusions**

Dans le principe adopté à l'époque pour mettre en place l'expérimentation, il était déterminé que les éventuels gains de productivité seraient réintroduits en augmentation de service, de façon à parvenir à une opération « blanche » vis-à-vis de la Région.

Les chiffres ci-dessus montrent que l'objectif a été atteint.

Une forme de validation « officielle » de l'expérimentation sur le RB a été apportée par le Conseil National des Transports qui a écrit dans son rapport pour l'année 1990 :

« Si on ajoute que le coût unitaire d'exploitation a chuté sensiblement puisque, hors infrastructures, il est passé de 43,12 F à 26,56 F, on voit que se confirme la pertinence du choix ainsi fait qui semble devoir constituer pour les Régions, une alternative au transfert sur route de certaines lignes secondaires déficitaires.

Le C.N.T. exprime le vœu que, devant de tels résultats :

- L'expérience en cours soit développée en tirant tout le parti possible du matériel existant (amélioration des fréquences - relèvement des vitesses limites autorisées, etc.),
- D'autres Régions s'intéressent à la mise en œuvre du même matériel et suivent cet exemple pour la rénovation des lignes secondaires mal desservies et déficitaires ».

On peut donc s'interroger sur le fait qu'aucune mise en œuvre d'un schéma d'exploitation comparable ne soit intervenue depuis, ni en Bretagne, ni dans quelque autre Région française.

## A3.2. LES CHEMINS DE FER DU JURA (SUISSE)

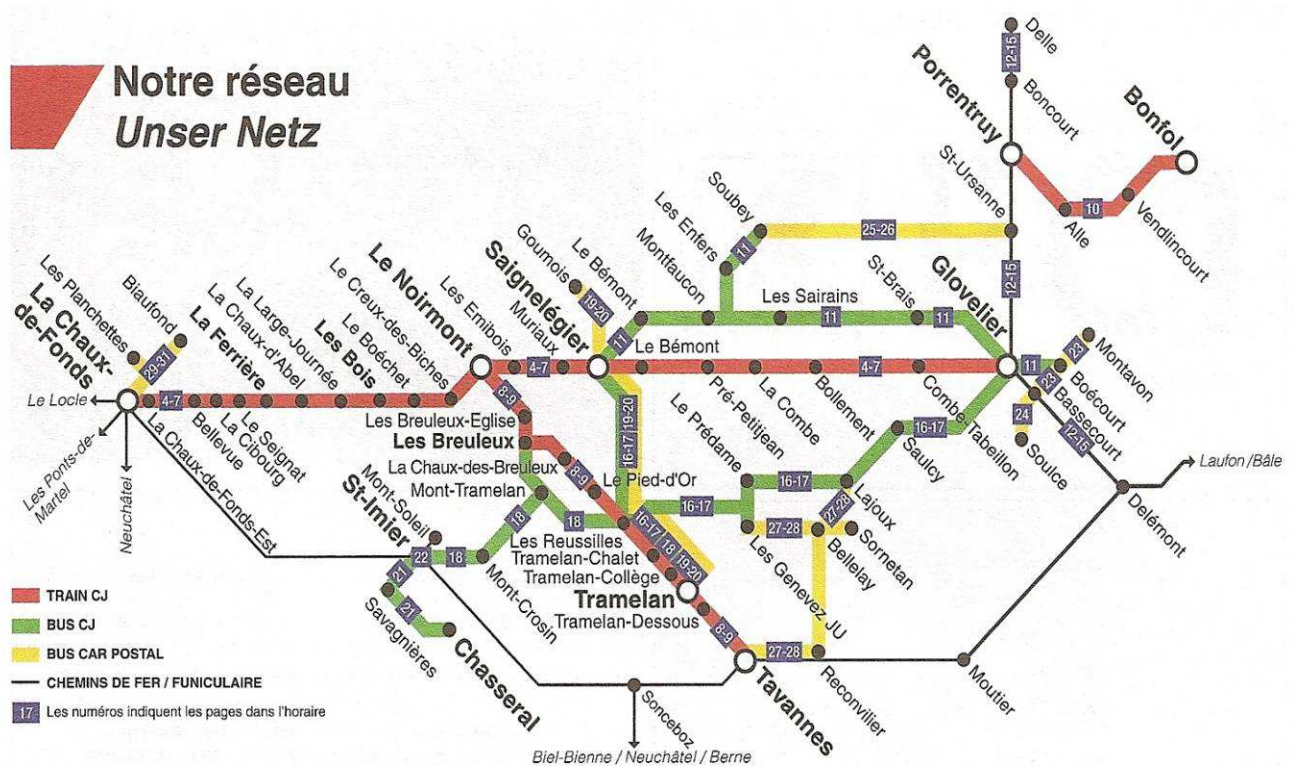


Figure 92 Réseau des chemins de fer du Jura

### A3.2.1. Le choix de la compagnie

La Compagnie des Chemins de fer du Jura connaît un environnement comparable à celui de nombreuses lignes ferroviaires françaises existantes ou disparues :

L'environnement de la Compagnie se situe sur un territoire dont la densité moyenne de population est de l'ordre de 150 h/km<sup>2</sup>, valeur proche de celle de nombreux Départements français ;

La répartition de la population est comparable à bien des situations françaises avec un réseau de villes principales relativement petites assez bien réparties sur le territoire ;

La topographie est celle de « plateau » avec des paysages vallonnés et un habitat relativement dispersé ;

L'activité est agricole, artisanale et industrielle (nombreuses PME).

### **A3.2.2. Le choix des lignes**

Le réseau comporte deux catégories de lignes ferroviaires :

- A voie métrique de La Chaux de Fonds à Glovelier et du Noirmont à Tavannes.
- A voie normale de Porrentruy à Bonfol.

Les lignes à voie métrique, seules retenues dans l'étude :

- Assurent un petit trafic périurbain et surtout un trafic rural où la densité d'offre génère un trafic intense (1 294 700 voyageurs en 2010).
- Présentent un linéaire important (74,3 km) qui situe nettement l'exploitation dans un cadre régional (desserte interne de parties significatives des Cantons concernés).
- Desservent hors réseau CFF des agglomérations de petite taille, notamment Le Noirmont (1 700 h), Saignelégier (2 500 h) et Tramelan (4 300 h) et sont connectées à ceux-ci à La Chaux de Fonds (40 000 h et principale agglomération du territoire considéré avec Neuchâtel), Glovelier (1 200 h) et Tavannes (3 900 h).

### **A3.2.3. Descriptions des lignes à voie métrique**

Les lignes des CJ sont typiques de voies ferrées construites « à l'économie » qui impliquent des conditions de traction dures :

- Rampes maximales de 50 pour mille.
- Rayon de courbe minimal en ligne de 67 m.
- Vitesse maximale aux trains de voyageurs de 90 km/h.

### A3.2.3.1. Ligne de Tavannes au Noirmont

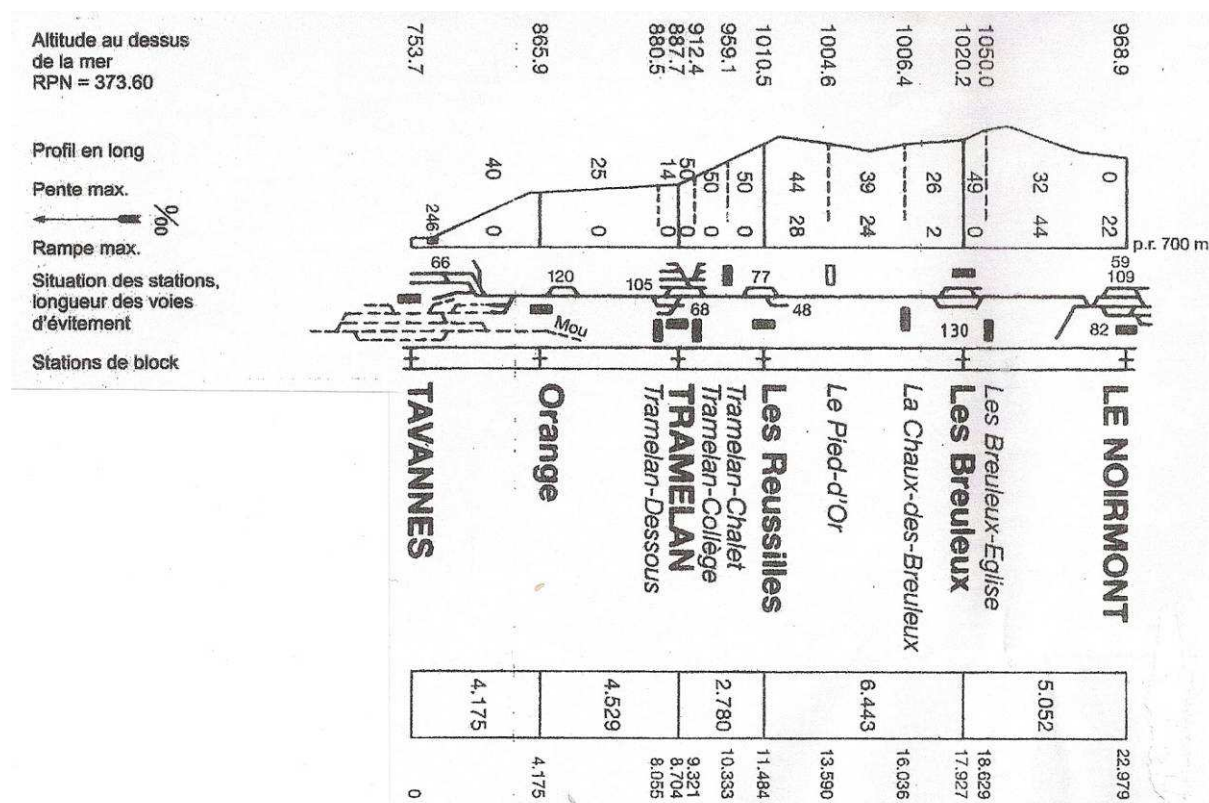


Figure 93 Ligne de Tavannes au Noirmont

A Tavannes, les lignes à voie métrique sont en traits pleins et celles à voie normale (CFF) en traits pointillés. Les deux voies métriques les plus en bas du schéma permettent le chargement de wagons à voie normale sur trucks porteurs à voie métrique.

Distances :

- Tavannes - Tramelan : 8,704 km
- Tramelan - Le Noirmont : 14,275 km

### A3.2.3.2. Ligne de La Chaux de Fonds à Glovelier via Le Noirmont

A La Chaux de Fonds, 6 voies métriques de service permettent de garer du matériel voyageurs ou des wagons de fret et d'accéder au quai marchandises. Certaines donnent accès à des remises qui permettent de garer du matériel roulant à l'abri.

Une autre voie métrique de service en continuité de la voie normale CFF permet de placer ou retirer des wagons à voie normale sur trucks porteurs à voie métrique, type d'installation qui existe aussi à Tavannes (CF 3.1) et à Glovelier (CF illustration ci-dessous) :





Figure 94 Trucks porteurs à Glovelier

Entre les gares de Combe-Tabeillon et de Glovelier une voie en impasse contraint les trains à rebrousser. Le conducteur change de cabine et le matériel permet la sécurité des opérations de réversibilité de la conduite dans des délais très courts.



Figure 95 Voies en impasse entre Combe-Tabeillon et Glovelier

La voie de droite, en provenance du Noirmont donne sur une aiguille, puis un heurtoir. La voie de gauche est en direction de Glovelier.

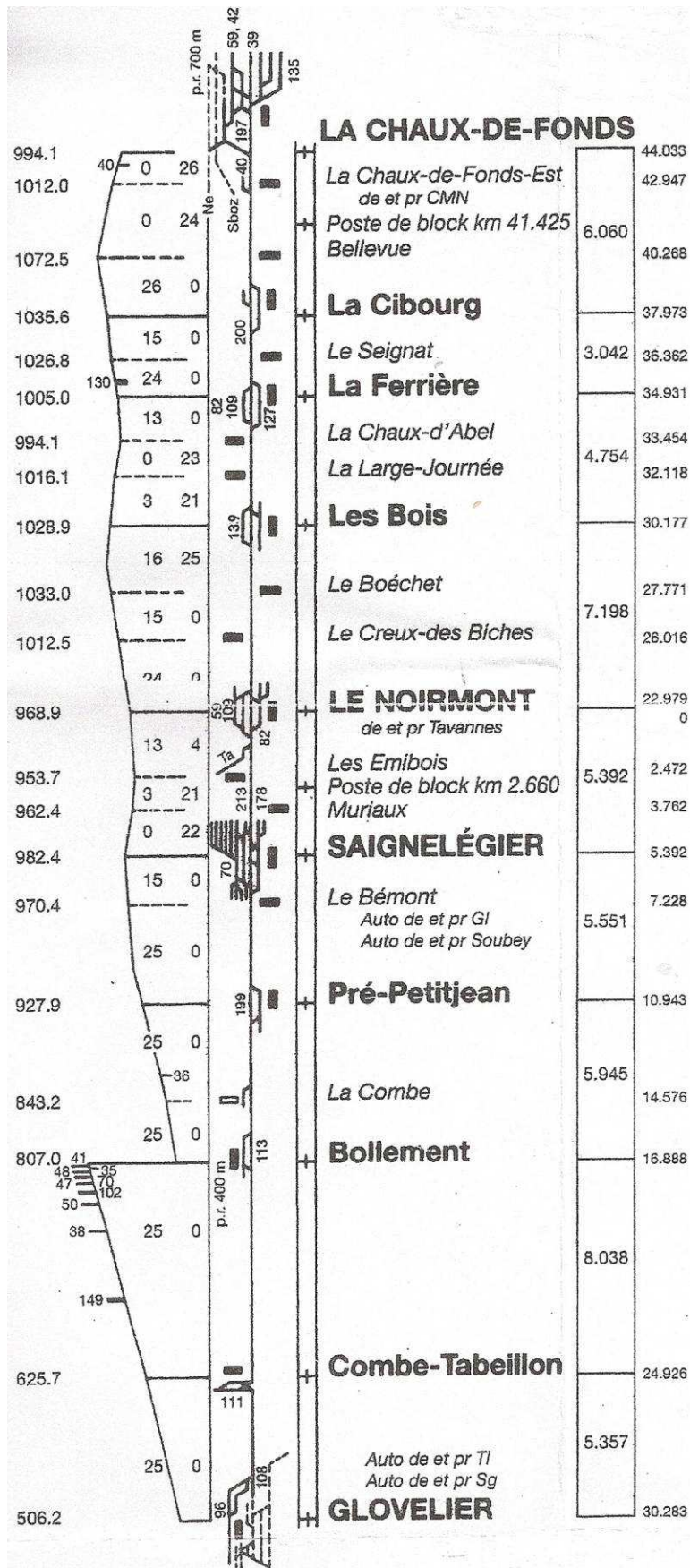


Figure 96 Voies entre la Chaux-de-Fond et Glovelier

Distances :

- La Chaux de Fonds - Le Noirmont : 21,054 km.
- Le Noirmont - Glovelier : 30,283 km.

Outre les gares, deux postes de block supplémentaires permettent d'accroître la fluidité du trafic sur cette ligne au trafic dense.

Remarque :

Le profil de la ligne est moins contraint que sur la section du Noirmont à Tavannes puisque la valeur maximale des rampes ne dépasse pas 25 pour mille, mais cette valeur est présente de façon continue de Glovelier au Bémont, soit sur 23 km environ.

#### **A3.2.4. Les installations des lignes à voie métrique**

Le gabarit en largeur est de 2,70 m pour les véhicules à voie métrique, mais celui « à voie normale » est dégagé sur l'ensemble des lignes pour permettre la circulation de trucks porteurs acceptant des wagons à bogies comme le montre la photo :



Figure 97 Wagon à bogies

Plateformes et ouvrages admettent une charge maximale à l'essieu de 14 t.

Les ouvrages d'art les plus importants sont 6 ponts ou viaducs de plus de 2 m d'ouverture dont la longueur cumulée atteint 456 m ainsi que 8 tunnels (longueur cumulée de 545 m).

Les haltes des CJ comportent abri et menus équipements ainsi qu'une signalisation de demande d'arrêt à la disposition des voyageurs.

Ce signal, défini par l'Office Fédéral des transports (OFT) existe sur tous les chemins de fer suisses où se trouvent des haltes desservies selon le principe de l'arrêt facultatif (CF photo) :



Figure 98 Haltes à arrêt facultatif

Sauf exception (voies noyées en rail broca), la voie posée sur un ballast épais est constituée en ligne de rails soudés<sup>51</sup> de type « vignole » posés sur traverses béton ou métalliques avec le système d'attaches courant en Suisse et en Allemagne de type « K ».

L'entretien courant des voies et installations est assuré par le réseau qui dispose pour cela de quelques engins spéciaux à traction autonome.

En 2011, le réseau comporte 91 appareils de voie (branchements simples) et 2 TJD.

---

<sup>51</sup> Cette donnée peut sembler surprenante quand on sait que la réglementation toujours en vigueur à la SNCF prohibe de souder les rails dès que le rayon des courbes est inférieur à 400 m, alors que :

Cette pratique est généralisée sur tous les réseaux suisses, quel qu'en soit l'écartement des voies .

Les conditions climatiques (écarts de température) ne sont pas significativement différentes entre les deux pays.

La pratique suisse n'a jamais montré de fragilité des infrastructures alors que les vitesses pratiquées - dans des conditions de tracé équivalentes - sont de même nature en Suisse et en France.

Le rythme actuel de renouvellement complet des voies est d'environ 1,2 km par an.

En 2009, l'ensemble des coûts d'entretien des voies, bâtiments et installations s'est élevé - hors frais de personnel - à 2,5 M.CHF (environ 1,875M€).

Toutes les lignes sont électrifiées en 1 500 V continu par ligne aérienne de type caténaire à partir de 6 sous-stations, soit un espacement entre sous-stations de l'ordre de 10 à 15 km.

Le total des coûts d'énergie des CJ se sont élevés à environ 1,5 M.CHF en 2009 (soit 1,125 M€), dont 1,17 M.CHF (soit 0,8775 M€) pour l'énergie de traction sur les lignes à voie métrique.

La consommation annuelle d'énergie de traction pour le réseau à voie métrique est de 8,7 MW/h, soit environ 8,7 kW/h par km/train produit et le coût d'énergie de traction d'environ 1,17 CHF (0,88€) par km/train.

Le réseau compte en 2011 44 PN, dont 27 équipés de barrières et 17 sans barrières.

Tous ces PN sont de type à franchissement conditionnel qui implique la présence d'un signal avancé sur la voie ferrée (dans chaque sens) dont l'extinction enjoint au Conducteur l'arrêt en urgence avant franchissement du PN (CF photos ci-après) :



Figure 99 Franchissement du PN

Pré - annonce d'une signalisation de PN à FC suivi du signal d'annonce (éteint)



Figure 100 Signal d'annonce du PN fermé

Signal d'annonce de PN fermé, franchissable par le train (feu jaune clignotant)

15 gares sont normalement pourvues d'un BV accessible au public, mais :

- Seuls celles du Noirmont, de Saignelégier et de Tramelan comportent du personnel CJ.
- Celles de La Chaux de Fonds, Tavannes et Glovelier sont des bâtiments CFF où le personnel CFF assure quelques missions d'accueil et de vente pour les CJ.

Les Halles à marchandises des gares CJ sont conservées par la Compagnie, bien que l'essentiel du trafic fret soit constitué de wagons entiers de bois et de conteneurs à déchets ménagers.

Le réseau possède un ensemble « atelier d'entretien » à Tramelan qui permet d'entretenir la totalité du matériel roulant des CJ.

Il existe 3 remises à La Chaux de Fonds, Tramelan et Saignelégier de façon à assurer que tous les véhicules moteurs du réseau sont à l'abri des intempéries pendant la nuit et aptes à redémarrer normalement le matin.

Toutes les lignes sont à voie unique et équipées d'un block automatique lumineux simplifié, conforme à la réglementation de l'OFT (Office Fédéral des Transports).

La section de block la plus longue (de Bollement à Combe - Tabeillon soit 8 km) est franchie par les trains les plus rapides en 10 mn (vitesse moyenne de 48 km/h) ce qui implique que l'espacement entre trains les plus rapides de même sens ne puisse être inférieur à 20 mn.

L'horaire montre en réalité la présence d'environ 20 trains par jour et par sens entre 5 h 30 et 22 h15 sur cette section, soit une fréquence moyenne de 50 mn.

Le block automatique est mis en œuvre par les Conducteurs qui disposent d'une clef ouvrant un boîtier d'où il leur est possible de tracer un itinéraire correspondant à une section définie par la gare suivante, ou l'une des suivantes successives lorsque aucun croisement n'est prévu.

Ce block qui fonctionne de façon totalement décentralisée, est placé sous le contrôle d'un PC installé en gare du Noirmont qui assure la régulation des différentes sections de lignes.

### A3.2.5. Le matériel roulant

Le parc des CJ (voie métrique) est constitué de :

- 2 engins moteurs de ligne.
- 5 engins moteurs de service.
- 13 rames automotrices pour voyageurs, pourvues de 17 remorques.
- 20 wagons ordinaires.
- 58 wagons spéciaux dont 27 trucks porteurs.
- Matériel historique (22 pièces).



Figure 101 Automotrice Stadler modèle le plus récent en service sur les CJ

Le service courant en jour ouvrable est normalement assuré par 6 trains modernes effectuant l'essentiel du service, renforcés localement par 1 ou 2 rames de type ancien.

Le fret transporté sur wagons à voie normale disposés sur trucks est majoritairement constitué de grumes, et celui sur wagons à voie métrique de conteneurs à déchets ménagers.

### A3.2.6. L'offre

Elle correspond aux usages suisses, approuvés par votation populaire (ainsi que l'approbation de la mise en œuvre des crédits correspondants) qui ont pour finalité de permettre à chacun de se déplacer sans être contraint d'utiliser un moyen de transport individuel pour l'accès aux centres - villes ou aux lieux de travail et d'études. Ils ont pour base :

- La desserte par un système de transport public de toute population agglomérée.
- une desserte au moins horaire en journée sur une amplitude de l'ordre de 17 heures (sauf pour les hameaux de très haute montagne).
- Une desserte cadencée aisément mémorisable.

En ce qui concerne les lignes ferroviaires des CJ, l'offre « voyageurs » est la suivante :

Cadencement :

- La Chaux de Fonds - Le Noirmont et vice versa : départs H + 03 / H + 29.
- Le Noirmont - Saignelégier et vice versa : départs H + 32 / H + 21.
- Saignelégier - Glovelier et vice versa : départs H + 43 / H + 38.
- Le Noirmont - Tramelan et vice versa : départs H + 34 / H + 03.
- Tramelan - Tavannes et vice versa : départs H + 29 / H + 44.

Nombre de trains en jour ouvrable :

- La Chaux de Fonds - Le Noirmont et vice versa : 18 trains / 19 trains.
- Le Noirmont - Saignelégier et vice versa : 23 trains.
- Saignelégier - Glovelier et vice versa : 14 trains / 13 trains.
- Le Noirmont - Tramelan et vice versa : 17 trains / 18 trains.
- Tramelan - Tavannes et vice versa : 30 trains.

Les dimanches et jours fériés l'offre n'est réduite que d'environ 15 à 20 %.

Dans ces conditions le trafic global du réseau à voie métrique est de l'ordre de 960 000 km par an auxquels s'ajoute le trafic de fret de l'ordre de 40 000 km annuels.



## **A3.2.7. Eléments économiques et institutionnels**

### **A3.2.7.1. Personnel et conditions d'emploi**

En 2009, les CJ (réseau ferré à voie métrique) ont employé 104 personnes :

- Administration générale : 8 Agents.
- Direction de l'exploitation : 4 Agents.
- Marketing : 5 Agents.
- Gares et stations : 17 Agents.
- Conduite des trains : 27 Agents.
- Entretien des installations : 16 Agents.
- Entretien des véhicules : 27 Agents (dont 5 occasionnellement conducteurs).

Le personnel en poste dans les gares du réseau à voie métrique est de 13 agents répartis entre les gares de Tramelan, Saignelégier et Le Noirmont (présence du PC de régulation).

Les conditions générales d'emploi sont conformes à la réglementation suisse du travail qui fixe la durée maximale hebdomadaire du travail à 41 h et l'âge de départ à la retraite à 65 ans.

Le coût moyen annuel du salarié des CJ est de 97.210 CHF (ou 72.907,5 €) soit, compte tenu d'une durée annuelle du travail de 1.804 h (220 jours à 8 h 12 par jour), un salaire horaire moyen brut chargé de 53,88 CHF (40,4 €) et un coût horaire moyen du conducteur de train de 61,68 CHF (46,2 €) brut chargé.

Le salaire moyen net réellement perçu est de l'ordre de 3.800 CHF mensuels (2.850 €) et celui moyen des conducteurs de 4.360 CHF mensuels (3.270 €).

Un autre élément important des conditions d'emploi aux CJ est la relative polyvalence des Agents :

- Le conducteur est considéré responsable de la propreté des véhicules qu'il conduit et doit, dès qu'il le peut, prendre l'initiative d'inspecter le matériel roulant et le nettoyer en se limitant aux opérations simples et manuelles.
- Le temps de travail lié à la conduite est estimé à 1.223 h par an ce qui laisse un reliquat d'activité de 581 h par an, soit environ 12,5 heures de travail par semaine qui sont utilisées essentiellement au contrôle aléatoire des titres de transport. Pour 20 conducteurs disponibles environ en permanence sur l'ensemble du réseau, cela permet une production de contrôle de 250 h par semaine ou 35 h par jour (1,75 h par conducteur), valeur estimée suffisante pour dissuader la fraude.

Ces dispositions sont généralisées en Suisse sur l'ensemble des trains régionaux.

### **A3.2.7.2. Principales données économiques**

- Nombre de voyageurs en 2009 sur le réseau à voie métrique : 1 294 700 V
- Nombre de Voyageurs/km en 2009 sur le réseau à voie métrique : 18 840 000 VK
- Parcours moyen estimé du voyageur : 19 km environ
- Trafic de fret en 2009 sur les lignes à voie métrique : 50 000 t (dont 35 000 t pour les seuls trains de déchets), représentant 7,45 Mt/Km.

Charges globales :

- Ensemble du réseau pour 2009 : 28 391 874,72 CHF (environ 21,3 M€) ainsi réparties :
- Charges de personnel : 14,7 M.CHF (environ 11 M€) soit 51,7 % des charges.
- Autres charges : 8,8 M.CHF (environ 6,6 M€) soit 31 % des charges.
- Amortissements : 4,9 M.CHF (environ 3,7 M€) soit 17,3 % des charges.

Recettes :

- Ensemble du réseau pour 2009 ainsi réparties :
- Des produits de transport pour 7,9 M.CHF (5,9 M€).
- Des produits accessoires pour 3,8 M.CHF (2,8 M€).
- Des indemnités publiques pour 17 M.CHF (12,75 M€).

Il subsiste donc en fin d'exercice un excédent de 0,4 M.CHF (0,3 M€).

Sillons :

Comme tous les exploitants ferroviaires suisses, les CJ paient désormais l'usage de sillons pour leurs trains, dont la valeur est calculée selon une directive fédérale mais, comme ils sont aussi chargés de la production de ces sillons, le système se résume à une refacturation interne qui, dans les faits, constitue une opération blanche.

### **A3.2.7.3. Investissements**

Ils sont effectués par emprunts bancaires garantis par la Confédération.

Dans ce cadre, les CJ sont intégralement propriétaires de leur domaine foncier, de leurs biens immobiliers et de leur matériel d'exploitation.

### **A3.2.7.4. Aspects institutionnels**

Les CJ sont administrés selon les principes d'une entreprise privée dirigée par un Conseil d'Administration représentatif des propriétaires, à savoir :

- Le Canton de Berne (2 sièges).
- Le Canton du Jura (3 sièges).
- Le Canton de Neuchâtel (2 sièges).

Un autre siège est attribué à la Confédération Helvétique, dont le représentant est désigné par le CA.

### **A3.3. LES CHEMINS DE FER DU SUD ET DU CENTRE DU JUTLAND (DANEMARK)**

#### **A3.3.1. Généralités**

Le système ferroviaire danois comprend environ 2 323 km de lignes exploités par l'entreprise nationale DSB ou « Danske Statsbanen ».

640 km sont électrifiés, dont la ligne principale de Flensburg à Malmö via Fredericia et Copenhague, ainsi que la banlieue de Copenhague.

L'entretien des lignes DSB est assuré par Banedanmark, compagnie publique qui joue le rôle de gestionnaire d'infrastructure ferroviaire et attribue les sillons aux entreprises ferroviaires.

La vitesse maximum autorisée sur les grandes lignes est généralement de 180 km/h, et de 75 à 120 km/h sur les lignes secondaires.

Les lignes principales sont toutes équipées de l'ATC (*Automatic Train Control*) et les lignes secondaires de l'ATC *train stop*.

Le système HKT, qui utilise la signalisation en cabine, est présent sur les lignes de banlieue (S-Tog), certaines utilisant une version simplifiée, *forenklet HKT* (F-HKT).

La sous-traitance a fait récemment son apparition et concerne :

- 5 lignes DSB du Jutland exploitées par l'entreprise d'origine britannique « ARRIVA » qui a rouvert la seconde ligne continentale transfrontalière avec l'Allemagne d'Esbjerg à Niebüll (jusqu'à là limitée en territoire danois à Tønder).
- L'ensemble du trafic de fret exploité par la filiale de la DB : RAILION.
- Des accords particuliers locaux avec les exploitants de Privatbanen (CF ci-après) : c'est ainsi que le Lemvigbanen exploite le trafic fret pour le compte de RAILION entre Vemb et Herning ou bien que les automates de vente embarqués sur les trains du Vestbanen sont fournis et entretenus par ARRIVA.

Ce réseau national est complété par 11 compagnies de « Privatbanen » exploitant 13 lignes pour un total de 482 km :

GDS/HFHJ (Gribskovbanen / Hillerød-Frederiksværk-Hundested Jernbane)

HHJ (Odderbanen : Hads-Ning Herreders Jernbane)

HL (Hovedstadens Lokalbaner)

HTJ/OHJ (Høng-Tølløse Jernbane / Odsherreds Jernbane)

LJ (Lollandsbanen)

LN (Lille Nord)

LNJ (Lyngby-Nærum Jernbane)

- NJ (North Jutland Railways - Nordjyske Jernbaner}
- ØSJS (Chemins de fer de l'Est - Østbanen (Østsjællandsske Jernbaneselskab)
- VL TJ (Lemvigbanen (Vemb-Lemvig-Thyborøn Jernbane)
- VNJ (Chemins de fer de l'Ouest - Vestbanen (Varde-Nørre Nebel Jernbane)

A l'origine, ces entreprises indépendantes appartenaient à des compagnies privées dans lesquelles les Communes ont progressivement pris des participations, puis sont devenues majoritaires et, depuis peu, des regroupements ont permis de constituer de petits ensembles dépendant d'une autorité publique régionale : ainsi par exemple, le HHJ et le VL TJ dépendent désormais du « Midtjyske Jernbaner » ou exploitation des voies ferrées du Centre-Jutland.

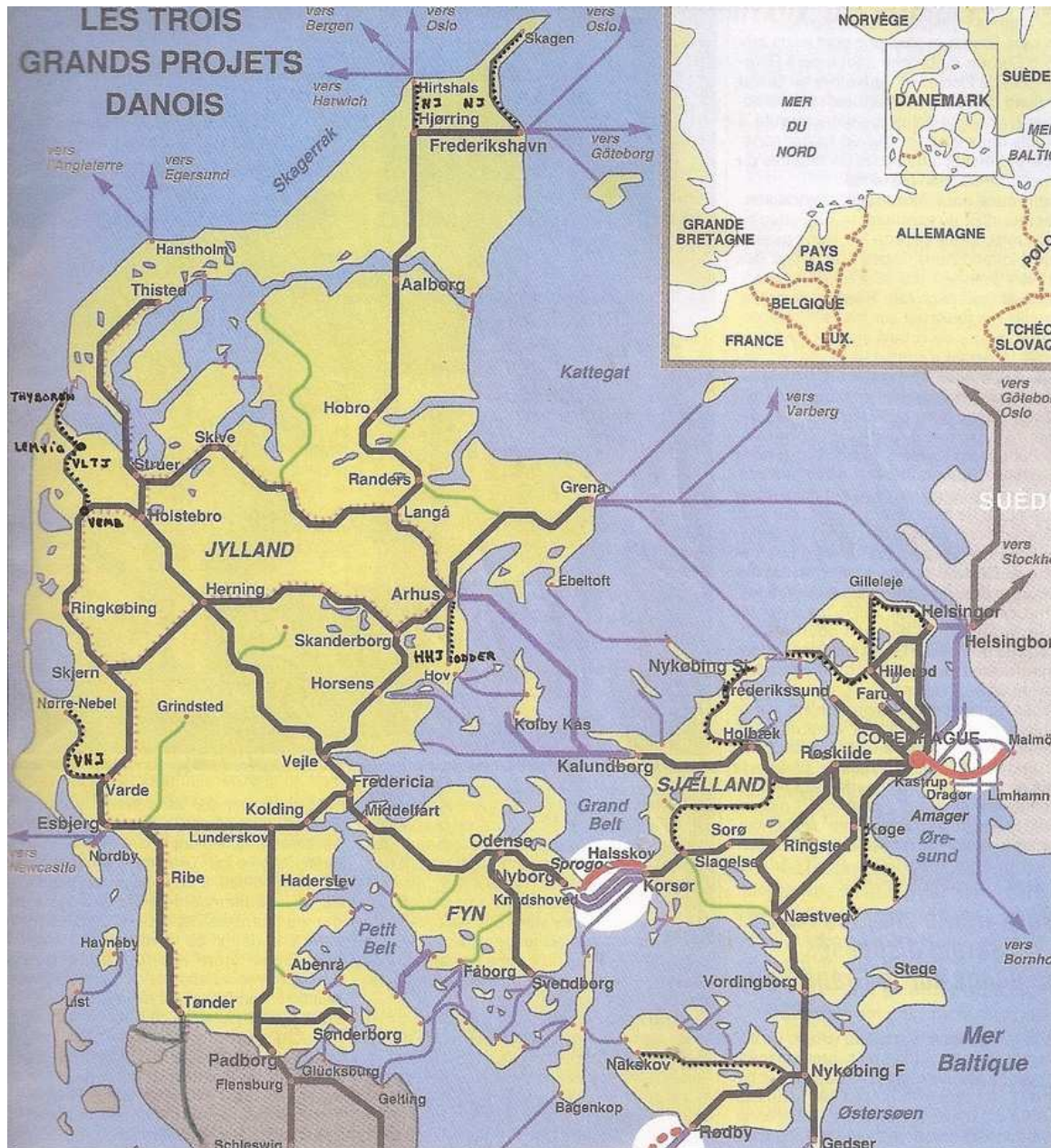


Figure 102 Carte du réseau ferré danois

Des trois projets mentionnés, les liens vers la Suède (Malmö) et Korsør – Nyborg sont réalisés. Le lien de Rødby vers l'Allemagne (Puttgarten) est en construction.

Sur cette carte figurent en vert les lignes ouvertes au seul trafic de fret. Celles exploitées par Arriva figurent en pointillés rouges et les Privatbanen en pointillés noirs. Les compagnies du Jutland sont repérées par leur sigle (VHJ, HHJ, VLTJ et NJ).

Toutes ces lignes sont à l'écartement standard, avec un gabarit en largeur plus généreux que le gabarit U.I.C.

Le réseau principal est exploité pour l'essentiel au moyen de rames électriques IC4 ou diesel IC3 circulant de jour toutes les 2 heures par sens (1/2 heure sur certains troncs communs),

qui se dissocient et se raccordent dans les gares de bifurcation, notamment à FREDERICIA, nœud stratégique du réseau danois.

Ces rames sont équipées de cabines de conduite escamotables qui permettent aux voyageurs de passer d'un véhicule à l'autre afin d'offrir des liaisons directes entre presque tous les centres urbains du pays sans correspondances en gare. Il semble toutefois que ce système ne soit pas retenu pour les nouvelles commandes de matériels neufs qui verront le retour des extrémités aux formes aérodynamiques.



**Figure 103** Rame diesel IC3 des DBS à cabine escamotable

Rame diesel IC3 des DSB à cabine escamotable par pivotement de la porte. Gare d'Aarhus.

Le réseau principal est également parcouru par des trains de banlieue autour des villes principales (COPENHAGUE, ODENSE, ARHUS et AALBORG), ainsi que par des trains de marchandises et quelques trains de voyageurs internationaux.

Les lignes secondaires ouvertes au trafic voyageurs sont exploitées par les DSB et par Arriva au moyen d'automotrices diesel de type « Desiro » de fabrication Bombardier.



**Figure 104** Autorails Desiro d'Arriva en gare de Varde

Sur les lignes secondaires et sur les Privatbanen, les passages à niveau de première catégorie sont tous équipés d'une signalisation élaborée de type « à fermeture conditionnelle » avec signal d'annonce et signal à pied d'œuvre.



Figure 105 Signal avancé de PN à fermeture conditionnelle

Signal avancé de PN à fermeture conditionnelle le feu blanc clignotant substitué au feu jaune indique que le PN est effectivement fermé



Figure 106 Signal à pied d'oeuvre de PN à fermeture conditionnelle

Signal à pied d'œuvre de PN à fermeture conditionnelle, le feu blanc clignotant substitué au feu jaune autorise le franchissement du PN.

Les Privatbanen restent pour la plupart toujours exploités au moyen d'autorails de type ancien bicaisses ou tricaisses construits par UERDINGEN en Allemagne vers 1970. On trouve également dans le secteur de Copenhague des autorails IC2.

Des commandes de rames Desiro ont été récemment décidées.





Figure 107 Autorail Uerdingen bicaisse

Autorail Uerdingen bicaisse sur la ligne de Varde à Norre Nebel de la Compagnie Vestbanen.

Toutes ces lignes sont exploitées avec des fréquences élevées de l'ordre de 1/2 h à 1 h par sens en semaine sur une amplitude comprise entre 5 h ou 6 h jusqu'à 22 h ou 23 h et il existe même des services de nuit sur diverses lignes périurbaines!

L'ampleur de l'offre suscite évidemment une forte fréquentation et l'on ne s'étonnera donc pas de constater que le nombre de voyageurs transportés par kilomètre et par an dépasse souvent 25 000 personnes... soit quelque 10 fois plus que ce que l'on observe en France sur des lignes comparables en termes de territoires desservis !

Les investissements en matériel roulant sont pris en charge par les Pouvoirs Publics.

Les Exploitants paient à Banedanmark les redevances d'infrastructures et assument le coût total des personnels, y compris les charges de retraites, pour lesquelles ils perçoivent une modeste compensation de l'Etat. Le déficit est ensuite compensé par l'Etat et par les Communes sachant que, calculé sur de telles bases, le ratio D/R est, selon les lignes, compris entre 1,5 et 2.





**Figure 109 Autorail Desiro des DSB nez à nez**

Autorail Desiro des DSB nez à nez avec un Uerdingen de L'Odderbanen en gare d'Aarhus au quai n°7

Les gares sont dotées d'un BV, pour l'essentiel loué à des commerçants locaux.

Les haltes, équipées d'un seul quai (voie unique) avec abri, affichage informatif et garage à vélos sont à arrêt facultatif : un système de demande d'arrêt est à la disposition des voyageurs sur le quai (feu bleu fixe présenté aux trains) et à bord des trains.



**Figure 110 Signal d'arrêt aux haltes à disposition des Voyageurs**

Gares et haltes sont sans personnel, sauf à Odder.

Les haltes implantées à proximité de passages à niveau voient l'équipement doublé de part et d'autre du PN, de telle façon que le train ait toujours franchi le PN avant l'arrêt, quel que soit le sens de marche.

Le BV de la gare d'ODDER conserve une partie importante à usage ferroviaire comprenant guichets, salle de contrôle de signalisation et bureaux.

En gare d'ODDER se trouve également un dépôt-atelier.



Figure 111 Gare et dépôt à Odder

Le profil de la ligne est peu accidenté et les courbes nombreuses, franchissables pour la plupart à 80 km/h, vitesse maximale autorisée en ligne.

La voie, objet d'un R.V.B. récent, est armée de traverses béton et de rails de 37 kg/m soudés et les PN sont à fermeture conditionnelle.

Le matériel « voyageurs » comprend 7 autorails bicaisses diesel-hydrauliques de fabrication « Uerdingen » équipés de 2 moteurs de 132 KW (180 CV) qui offrent 120 places assises (classe unique) et un compartiment bagages.

Le matériel roulant affecté aux marchandises comprend 2 locomotives. Ce trafic est très faible (8 500 t transportées en 1991 !).

Chaque évitement est contrôlé dans chaque sens par un signal d'entrée et un signal de sortie. Des enclenchements interdisent l'ouverture simultanée des signaux d'entrée d'un même évitement, même lorsque les deux signaux de sortie sont fermés.

Signaux et aiguilles d'évitements sont commandés à distance depuis le PCC d'ODDER, dont le Régulateur est en liaison phonique radio avec les conducteurs des trains.

Chaque conducteur est tenu de s'identifier à l'approche d'un évitement et suit ensuite les indications données par la signalisation.

Les temps de parcours sont de 37 à 39 mn et les vitesses commerciales de 40 à 42 km/h.

Les abonnements et titres spéciaux sont vendus par correspondance et les billets ordinaires sont vendus par l'agent d'accompagnement des trains, sauf à Odder où subsiste un guichet.

Le chemin de fer emploie 50 agents, soit 12 conducteurs, 12 agents d'accompagnement, 11 agents de la voie, 9 agents d'entretien hors matériel roulant et systèmes de sécurité et 6 agents d'entretien des systèmes de sécurité. De plus, il partage avec le réseau routier (3 lignes et 107 km exploités) 15 agents d'entretien du matériel roulant et 5,5 postes d'encadrement et d'administration.

Données de trafic de 1991 :

- 1 112 135 voyageurs transportés pour 14 157 439 voyageurs / km.
- 587 810 km / train voyageurs produits
- $V / K = 1,93$

Données économiques (réseau ferré) de 1991 :

- Total des Recettes : 13 380 548 DKK
- Total des charges : 21 396 825 DKK (dont entretien des voies : +/- 3 M. DKK)
- $D - R = 8 016 241$  DKK
- $D / R = 1,60$
- Coût d'entretien des voies : 113 200 DKK / km, soit 99 600 F ou 15 184 € par kilomètre.
- Coût de production du km-train : environ 35 DKK / 30,8 F / 4,7 €, charges d'entretien des voies incluses ou 31 DKK / 27,3 F / 4,17 €, hors charges d'entretien des voies.

#### **A3.3.2.2. L'Odderbane (2011)**

Ce même réseau, revisité en Avril 2011, a connu quelques modifications :

- La gestion des circulations en gare d'Aarhus n'a pas varié.
- Les ex-BV des gares sont toujours affectés à des commerces locaux (pizzeria, coiffeur etc...).
- La gare d'Odder ne comporte plus de bâtiments accessibles au public, lequel n'a plus à sa disposition qu'un distributeur automatique et une salle d'attente. Une salle, ouverte aux jours et heures de bureaux (fermeture à 15 h 30...) reste toutefois réservée à de la vente de titres de transport « tous réseaux » y compris étranger.
- Le dépôt-atelier est en cours de rénovation et d'agrandissement et comporte aussi une section « autobus ».
- La voie est toujours méticuleusement entretenue et comporte désormais du rail lourd de type 50 kg/m environ.
- Les performances des trains sont inchangées.
- Dans l'attente de livraison de « Desiro » neufs, les autorails utilisés sont toujours les « Uerdingen », manifestement en fin de vie et entretenus a minima.

- Certains ont été équipés d'une troisième caisse centrale (remorque) compte tenu de l'augmentation du trafic.



Figure 112 Autorail Uerdingen tricaisse à Odder

- Le trafic de fret a disparu.
- Au niveau institutionnel, des discussions sont en cours pour incorporer la ligne au réseau DSB, éventuellement sous gestion « Arriva », mais rien n'est encore décidé (ni même probable...).
- Les Agents d'accompagnement ont disparu et les titres de transport ne sont vendus que par automates à Odder et Aarhus, ou par automates également à bord des trains, également équipés de composteurs.
- Le contrôle est désormais effectué de façon aléatoire, la plupart des trains circulant à Agent seul.

### **A3.3.2.3. Le Lemvigbanen (Vemb-Lemvig-Thyborøn Jernbane) ou VLTJ**

Cette ligne constitue un embranchement en gare de Vemb (1 300 hab.) de la ligne DSB de Skjern à Struer, via Holstebro, exploitée par Arriva, et permet tout d'abord de rejoindre Lemvig, petite ville portuaire de 22 000 h à environ 30 km puis, depuis la gare terminus de Lemvig en cul de sac. La ligne remonte vers le nord jusqu'à Thyborøn, petite commune de 2 300 h située à environ 25 km au bout d'une presqu'île qui se trouve être un site touristique renommé ainsi qu'un site industriel et portuaire actif.

La ligne est exploitée d'un seul tenant par trains directs de Vemb à Thyborøn se croisant à Lemvig.

L'exploitant est le même que pour l'Odderbanen, à savoir « Midtjyske Jernbaner » et le centre d'exploitation se situe à Lemvig où se trouvent le dépôt-atelier et le PCC.

La section de Vemb à Lemvig, totalement rurale, comporte 3 évitements et 4 haltes et celle de Lemvig à Thyborøn, davantage touristique, comporte 3 évitements et 6 haltes.

Le système d'exploitation et le matériel sont en tous points identiques à ceux de la ligne d'Odder.

Seule la gare de Lemvig est active. Les BV sont tous désaffectés à toute utilisation ferroviaire, y compris celui de Vemb transformé en boutique pour la Croix Rouge danoise...

Deux particularités remarquées sur cette ligne :

- De récents travaux ont été effectués sur les évitements de façon à limiter les sections parcourues à vitesse limitée en raccourcissant à moins de 100 m la longueur de voie entre garages francs internes d'évitement.
- Outre le distributeur de titres de transport qui accepte pièces de monnaie et cartes bancaires (mais pas les billets), on trouve dans les trains un changeur de devises qui accepte les billets étrangers, notamment Euros et Couronnes suédoises.

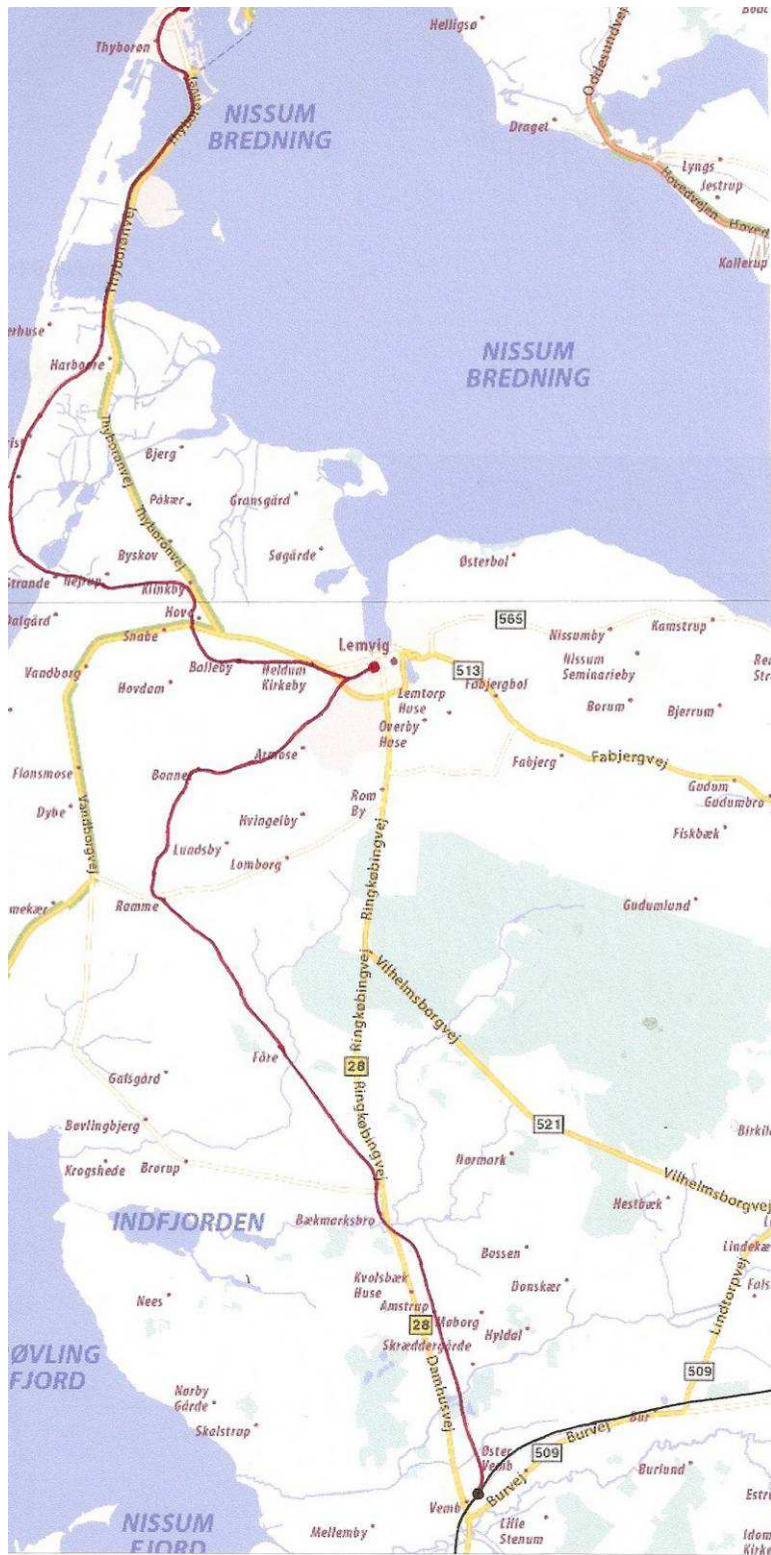


Figure 113 Le Lemvigbanen





Figure 115 En gare de Vemb, appareils de block

En gare de Vemb, les appareils de block sont manœuvrés par les conducteurs pourvus d'une clé spéciale pour obtenir la voie libre avant départ.



Figure 116 Distributeur automatique et changeur de devises à bord

Figure 117 La gare en cul de sac de Lemvig

#### A3.3.2.4. Le Vestbanen

Cette ligne de 37 km relie la petite ville de Varde (21 000 h) à la petite localité de Norre Nebel, important site touristique local.

La visite de ce réseau s'est limitée aux gares d'extrémité et au suivi de la ligne en voiture, l'objectif étant de savoir s'il existait ou non des différences significatives avec les lignes dépendant des « Midtjyske Jernbaner ».

La réponse est clairement négative bien qu'il soit possible de pointer quelques éléments intéressants illustrés ci-après :



Figure 118 Le BV de Varde

Le BV de Varde est utilisé par une entreprise de vente et de location de cycles. Une pièce (face à l'horloge) reste utilisée par un agent des chemins de fer (DSB, Arriva et Vestbanen) comme bureau commercial (billetterie non locale) et inclut le PCC des lignes Arriva et Vestbanen. Les locaux situés en arrière sont pour le moment inutilisés.



Figure 119 Autorail Uerdingen des Vestbanen

Autorail Uerdingen des Vestbanen identique à ceux des réseaux sous autorité des « Midtstykke Jernbanen »).



Figure 120 Unité de billetterie de Varde

Unité de billetterie locale et d'information à disposition des voyageurs dans la cour de la gare de Varde. Les titres vendus sont utilisables sur toutes les destinations « Arriva » et « Vestbanen ». L'automate de droite sous housse est un écran de SIV.



Figure 121 Automate de billetterie embarqué

Automate de billetterie d'origine Arriva embarqué à bord d'un autorail Uerdingen des Vestbanen. La coopération commerciale des Exploitants est manifeste.



Figure 122 Gare VNJ de Norre Nebel

La gare VNJ de Norre Nebel, point de correspondance important de lignes routières. Comme partout au Danemark, L'espace est organisé de façon à rendre minimal le parcours entre cars et trains et ce rendez-vous se répète toutes les heures de 6 h à 22 h. Le BV est totalement désaffecté.

### **A3.3.3. Les enseignements danois en termes d'économie d'exploitation ferroviaire**

Les lignes secondaires DSB ou Arriva (dotées de matériel roulant récent) sont exploitées a minima, tout comme les Privatbanen.

Trois principes guident les Exploitants danois :

- Maintien d'une offre abondante, gage d'attractivité et de crédibilité du système de transport public : toute agglomération du pays est desservie par fer ou par route tous les jours sur une grande amplitude et à fréquence élevée, quand bien même les Danois détiennent le record européen du nombre de kilomètres roulés par automobile ;
- Maintien des moyens de production d'une offre abondante au moindre coût, par l'usage sur toute ligne « voyageurs » (même les plus petites), de blocks automatiques simples et économiques en pose et en fonctionnement, par l'entretien soigné mais économique des voies en acceptant, si le trafic l'exige, des vitesses modérées (jamais inférieures cependant à 80 km/h) et par l'usage systématique de PN à fermeture conditionnelle ;
- Elimination de tous les postes de coûts ne rentrant pas dans la catégorie précédente et notamment, vente ou location des bâtiments et espaces d'origine ferroviaire, élimination de la totalité des personnels de gare à l'exception des Régulateurs de PCC, affectés également à des tâches commerciales (en effet, sauf dérangement, les PCC fonctionnent sans intervention humaine grâce à la gestion des circulations par demande

de voie et contrôle automatique des signaux et des circulations), suppression totale des agents d'accompagnement et généralisation de la billetterie embarquée.

## **A3.4. LE CHEMIN DE FER DE CARTAGENA A LOS NIETOS**

### Avertissement :

Cette étude résulte uniquement de l'observation sur place des différents éléments décrits, complétée par une brève conversation avec un contrôleur de train.

Elle nécessite d'être étayée d'éléments (notamment économiques) sollicités auprès de la Direction générale de FEVE à Madrid, le Cadre exécutif basé à Carthagène ayant fait savoir qu'il était tenu à la réserve sur toute forme d'information économique et même technique.

Une demande de renseignements a été transmise à FEVE à Madrid et aucune réponse n'est encore parvenue.

### **A3.4.1. Présentation**

La voie ferrée de Carthagène (Cartagena en Castillan) à Los Nietos est située dans la province espagnole de Murcie au sud-est du pays.

Elle présente de l'intérêt dans le cadre des cas pouvant illustrer l'étude sur les économies d'énergie possibles dans l'hypothèse de la privatisation des lignes TER, car elle possède diverses caractéristiques d'exemplarité :

- L'Exploitant est la Compagnie FEVE (« ferrocarriles de via estrecha » ou « chemins de fer à voie étroite ») qui appartient certes à l'Etat, mais de façon tout à fait distincte du réseau national « Renfe » (comparable à la SNCF).
- L'histoire a en effet fait en sorte qu'au 19<sup>ème</sup> siècle, le réseau ferré espagnol était organisé de façon très comparable au réseau français avec quelques grandes compagnies exploitant des lignes à l'écartement « ibérique » de 1,668 m, complété par un grand nombre de lignes d'écartements divers, le plus souvent à voie métrique, formant des ensembles orientés vers les services à vocation locale et régionale, toutefois extrêmement hétérogènes en étendue et en desserte, à l'instar des chemins de fer départementaux français.
- Comme en France, avec néanmoins quelque retard dû aux événements politiques de 1934 - 1936, la nationalisation intervenue en 1947, s'est limitée aux lignes à écartement ibérique, à l'exception de divers chemins de fer industriels et portuaires.

Quelques temps après, il a été décidé la mise en place d'un exploitant unique national, dénommé FEVE, pour toutes les lignes à écartement moindre pour lesquelles aucune compagnie préexistante n'acceptait d'en poursuivre l'exploitation, soit environ 2/3 des lignes concernées.

La ligne de Carthagène à Los Nietos fait partie de ce dernier ensemble.

Dans les années 60 à 70, environ 1/4 du réseau à voie large « Renfe » et environ 1/3 de celui à voie étroite « FEVE » disparaît.

A partir des années 80, la mise en place des « Communautés Autonomes » permet à ces dernières de devenir Autorités Organisatrices des chemins de fer, hormis ceux de Renfe. Toutefois, depuis 2011 en Catalogne, la Communauté a décidé de se substituer à l'Etat pour l'exploitation des lignes de la banlieue de Barcelone.

Ces AO peuvent à ce titre choisir leur Exploitant et la plupart (Pays basque, Catalogne et Levant notamment) ont opté pour la création d'une entreprise d'exploitation propriété de l'AO.

D'autres Régions restent néanmoins fidèles à FEVE en Cantabrie, aux Asturies, en Galice et en Castille-Léon, ainsi que dans la Communauté Autonome de Murcie qui n'est en réalité concernée que par la seule ligne à voie métrique de Carthagène à los Nietos.

Il semble qu'un antagonisme local entre le pouvoir régional et celui municipal de Carthagène soit l'explication de ce statu-quo qui fait de cette ligne un cas totalement isolé du reste des lignes FEVE, désormais regroupées au nord-ouest de l'Espagne et physiquement interconnectées.

L'origine de la ligne de Carthagène à Los Nietos est celle d'une ligne conçue pour acheminer au port de Carthagène les produits (pyrite et plomb argentifère notamment) des mines de La Unión, cité située au milieu de la ligne.

Elle devait aussi permettre le transport des personnels de cette industrie, ce qui explique le prolongement à los Nietos, gros bourg du bord de mer.

La cessation de toute activité minière à la fin du 20<sup>ème</sup> siècle conduit à la transformation de la ligne en un service périurbain de Carthagène et les installations de la ligne sont alors profondément transformées :

- Suppression de tout trafic de fret et démantèlement de toutes les installations correspondantes, y compris les raccordements ferroviaires tant à La Unión qu'à Carthagène.
- Modernisation des installations voyageurs aux « standards FEVE », notamment installation de quais hauts aux arrêts « voyageurs », rénovation des stations, rationalisation du dépôt-atelier de Carthagène, installation du BAL de type FEVE et de PN à fermeture conditionnelle de type Espagnol aux PN équipés de barrières, rénovation totale des voies et mise en service d'autorails modernes.

En 2011, la ligne de Carthagène à Los Nietos est désormais totalement isolée de toute autre installation ferroviaire (La gare FEVE de Carthagène est distincte de celle de la Renfe et il ne subsiste aucune installation de raccordement).

Son exploitation est exclusivement dédiée au trafic périurbain de la ville de Carthagène, peuplée d'environ 200 000 habitants, seconde ville de la province derrière la capitale Murcie (600 000 h), et l'un des principaux ports militaires espagnols.

La station Hospital est récente et située effectivement à l'entrée du Centre hospitalier important de Carthagène.

## A3.4.2. Description technique

### A3.4.2.1. La ligne

P K	Inter-station	Station	Voie de Croisement
0,0		Cartagena	Oui
1,6	1,6	Hospital	
2,2	0,6	Media Legua	
3,1	0,9	Vista Alegre	
4,2	1,1	Abrevadero	Oui
5,9	1,7	Alumbres	
7,8	1,9	La Esperanza	
8,8	1,0	La Unión vieja	
9,6	0,8	La Unión	Oui
10,4	0,8	Sierra Minera	
13,2	2,8	Llano del Beal	
13,8	0,6	El Estrecho	Oui
18,1	4,3	Los Nietos viejos	
18,7	0,6	Los Nietos Pescadería	
19,6	0,9	Los Nietos	Oui

Figure 123 Description technique de la ligne Cartagena-Los Nietos

Le profil de ligne est très peu accidenté (la ligne ne quitte pas une altitude de quelques mètres au-dessus du niveau de la mer), le point le plus élevé se situe entre les stations d'Alumbres et de La Esperanza et il n'existe qu'une pente véritablement significative dans le secteur de La Unión.

Il n'existe également que 3 courbes (dévers sensible), imposant des restrictions de vitesse :

- A 40 km/h entre Los Nietos et Los Nietos Pescadería.
- A 50 km/h à l'entrée en gare de Carthagène.
- A 70 km/h avant la gare de La Unión en venant de Carthagène.



La vitesse maximale est fixée à 80 km/h, mais elle est peu pratiquée car il n'existe que 2 inter-stations de plus de 2 km permettant cette performance.

Cheminots et usagers militent pour la plupart pour cette raison en faveur de l'électrification de la ligne, mais le Gouvernement autonome de Murcie estime que cela reste de la compétence de FEVE qui s'y refuse sans une aide suffisante. La municipalité de Carthagène refuse également toute participation et plus encore tout projet de transformation en tramway qui pourrait être prolongé en ville.

#### **A3.4.2.2. La voie**

Récemment refaite, elle comporte partout un ballast épais et propre, une pose intégrale sur traverse béton (travelage serré), à l'exception des voies d'évitement de Carthagène, Abrevadero, La Unión, El Estrecho et Los Nietos, posées sur traverses bois récentes.

Le rail de 54 kg/m (45 kg/m sur les voies d'évitement) est posé sur selles avec tirefonds et soudé de bout en bout entre évitements.

Le nombre d'appareils de voie observés (tous des branchements simples) est exactement de 14 :

- 1 x 2 aux terminus soit 2.
- 2 x 3 aux évitements hors terminus, soit 6.
- 6 pour la liaison voie - dépôt-atelier.

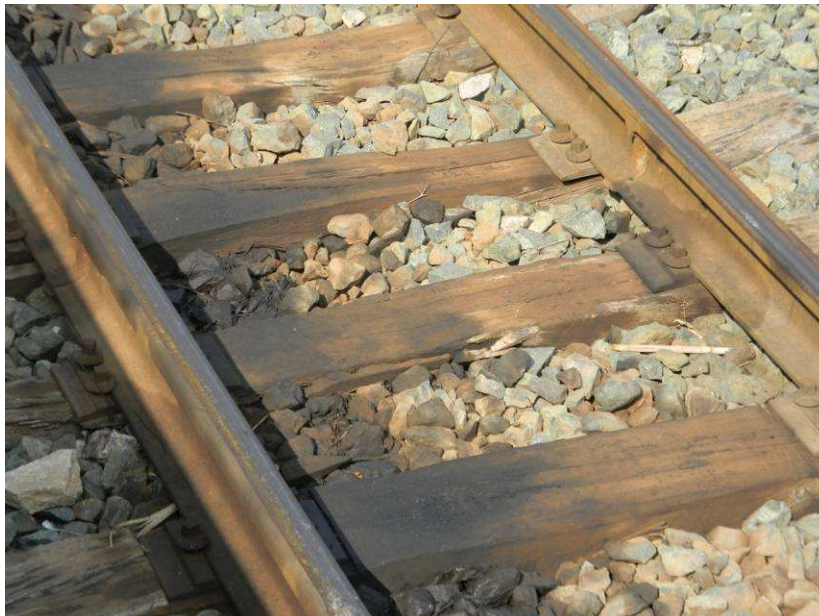


Figure 124 Voie principale sur évitement

#### **A3.4.2.3. Le dépôt atelier**

Situé à Carthagène, en sortie de gare, il comporte deux bâtiments qui n'ont pu être visités. Ils hébergent normalement les deux trains en service ainsi que deux autres en réserve et entretien, soit 4 rames en tout.



Figure 125 Vue extérieure du dépôt-atelier à Carthagène

#### A3.4.2.4. Les passages niveau

6 installations de PN, avec et sans barrières, mais avec signalisation de type « à fermeture conditionnelle » ont été observés.

#### A3.4.2.5. La signalisation

Elle comporte de bout en bout un block automatique lumineux du type généralisé sur les lignes FEVE, complété par un système de sécurité « ASFA » permettant le freinage automatique des trains franchissant un signal fermé.

La régulation est supervisée par un PC.



Figure 126 Signal de BAL en sortie d'évitement



Figure 127 Dispositif AFSA en gare de La Unión

#### A3.4.2.6. Les bâtiments

Il existe des bâtiments de gare à :

- **Carthagène** : installations anciennes rénovées avec contrôle par barrières automatiques en entrée ou sortie et surveillance par un Agent également préposé à l'information et à l'aide à la billetterie (cette gare comporte également deux automates de vente de billets).  
Des bâtiments abritent les bureaux administratifs et ceux réservés au Personnel.
- **La Unión** : petite gare traditionnelle située au lieu de croisement normal des toutes les circulations non désaturées.  
On y trouve une salle d'attente, un automate de vente et un Agent polyvalent.
- **Los Nietos** : petite gare traditionnelle désormais désaffectée (une affiche annonce que les locaux sont en vente).



Figure 128 Gare terminus de Los Nietos

Dans les autres stations on trouve un abri de quai, commun à deux voies, avec toiture complète d'un quai à l'autre dans les gares de croisement.

#### **A3.4.2.7. Le matériel roulant**

La transformation / rénovation de la ligne s'est accompagnée de la mise en service d'un matériel roulant adapté constitué d'unités de la série 2600.

Il s'agit d'autorails doubles composés d'unités identiques couplées de façon fixe dos à dos par un tunnel d'intercirculation ouvert.

Il s'agit en réalité d'autorails très anciens livrés en grand nombre à FEVE dans les années 60 pour l'ensemble de ses lignes et fortement reconditionnés récemment par CAF avec une caisse, une motorisation et des aménagements neufs.

Ces engins circulent en « Unités » composés de 2 caisses identiques comportant une cabine de conduite en extrémité côté voie, suivie d'une vaste plateforme d'accès.

La plateforme d'accès de l'un des autorails comporte un WC, et celle de l'autre autorail deux sièges à assise relevable. Les vélos sont admis.

La partie intérieure de chaque autorail comporte 48 places assises sur sièges doubles en vis-à-vis. Le nombre total de places assises est donc de  $48 + 48 + 2 = 98$

Une petite plateforme d'accès avec porte simple est aménagée à chaque extrémité côté intercirculation.

La motorisation est constituée de deux moteurs de 220 CV (un par caisse) disposés sous châssis avec transmission hydromécanique reliée à un bogie moteur.



**Figure 129** Unité série 2600 arrivant en gare de Carthagène



Figure 130 Aménagement intérieur d'une unité 2600



Figure 131 Intercirculation sur une unité type 2600

En 2011, la direction nationale de FEVE a expédié sur la ligne un couplage d'autorails neufs de la série 2900, constitué d'autorails indépendants, dotés chacun de 2 postes de conduite aux extrémités et donc sans intercirculation.

Une unité de deux autorails 2900 accouplés circule depuis quelques mois et assure l'un des deux trains en ligne, mais aucune information technique n'est pour le moment disponible sur place.



Figure 132 Unité type 2900

#### A3.4.2.8. L'exploitation

Tous les trains sont omnibus, mais certains arrêts où n'existe pas de possibilité de croisement (repérés sur le terrain par une pancarte spéciale), sont facultatifs.

Les jours ouvrables, le service comporte 22 trains dans chaque sens.

Le premier départ de Carthagène est à 6 h 27 et l'arrivée la plus tardive à Los Nietos à 21 h 48.

Dans l'autre sens, le premier départ de Los Nietos est à 7 h 02 et l'arrivée la plus tardive à Carthagène 22 h 18.

L'horaire n'est pas cadencé mais fortement rythmé et offre globalement au moins un train par heure dans l'amplitude considérée (deux trains en période de pointe).

Normalement, les trains se croisent tous à La Unión et le temps de parcours alloué est compris entre 13 et 15 mn depuis les terminus jusqu'à ce point de croisement.

Le temps de parcours total considéré par l'horaire est de 28 mn dans chaque sens.

Les Samedis, Dimanches et Fêtes, le nombre de trains passe à 14 (à 13 pour les Samedis fériés) avec la mise en service d'une circulation cadencée (un train par heure).

Les trains circulent avec un conducteur et un agent de train qui effectue le contrôle et vend les billets aux passagers montant dans des points d'arrêts non pourvus d'automates de vente.

Les billets délivrés le sont sous forme de reçus « papier » complétés par un second ticket spécial qui permet le passage aux barrières automatiques à Carthagène.

Le prix de trajet est défini par zones, le plus élevé (totalité de la ligne en trajet simple) est de 1,25 € en 2011.

#### **A3.4.2.9. Le personnel**

La visite de la ligne effectuée un jour ouvrable a permis d'observer la présence effective des personnels suivants :

- Cadres : 1 « Gérant de ligne » et son adjoint soit 2 personnes.
- Personnel administratif : 2 secrétaires et 1 employé de bureau, soit 3 personnes.
- Personnel en gare : 2 personnes.
- Personnel des trains : 2 agents par rame sur 2 rames, soit 4 personnes.

Le personnel d'exploitation, hors cadres et administration, présent en permanence en période ouvrable, s'établit donc à 6 agents ce qui, compte tenu d'une amplitude de l'ordre de 16 heures, permet d'extrapoler un besoin de l'ordre d'une vingtaine de personnes.

Il n'a malheureusement pas été possible de connaître le personnel affecté à l'entretien des infrastructures et du matériel roulant.

Si l'on se réfère à des réseaux européens comparables, on peut grossièrement estimer que le personnel total affecté à cette ligne doit probablement être compris entre 30 et 40 personnes.

### A3.5. RECAPITULATIF SUR L'ECONOMIE DES SYSTEMES DE GESTION DES CIRCULATIONS

#### En Espagne

Divers systèmes sont mis en œuvre sur les lignes des réseaux régionaux des collectivités autonomes (Pays basque, Catalogne, Levant, Baléares), ainsi que sur les lignes exploitées par FEVE (« ferrocarriles de via estrecha ») dans la zone cantabrique (Pays basque, Cantabrie, Asturies et Galice) et dans la province de Murcie.

Les systèmes en question, techniquement très proches les uns des autres, sont des blocks automatiques lumineux pour voie unique avec commande centralisée.

Par comparaison avec le même type de block mis en œuvre sur quelques lignes françaises, il s'agit de systèmes simples aux fonctionnalités relativement limitées mais néanmoins très performants pour l'exploitation de lignes parcourues par des trains :

- dont la vitesse n'excède pas 100 km/h ;
- nombreux et fréquents ;
- à arrêts rapprochés (cantons en général courts) ;
- pour l'essentiel aux performances homogènes, même si l'on peut noter en zone cantabrique ou en Catalogne par exemple, des lignes parcourues à la fois par des circulations voyageurs omnibus ou semi directes fréquentes et des trains de fret lourds pour l'industrie sidérurgique notamment.



Exemple d'évitement avec signal de block sur la ligne FEVE de Carthagène à Los Nietos (Province de Murcie).



Ces systèmes sont produits par l'industrie espagnole pour une valeur d'investissement inférieure (moitié moindre le plus souvent) à ceux utilisés en France, ce qui permet de comprendre pourquoi toutes les lignes des réseaux concernés en sont désormais équipées.

## En Suisse

L'exemple observé sur le réseau CJ (chemins de fer du jura) concerne un système de block automatique lumineux décentralisé dont la commande est assurée par les conducteurs des trains qui disposent d'une clé de haute sécurité permettant la manœuvre d'appareils de demande de départ.

La manœuvre du dispositif entraîne la vérification automatique par le système de la voie libre d'une zone en avant jusqu'à un point déterminé correspondant à un canton. Lorsque le canton est effectivement libre, une flèche blanche lumineuse est présentée qui permet au Conducteur du train pour lequel a été effectuée l'opération - et à lui seul - de parcourir le canton.

Sur le réseau existe un Poste en relation phonique avec les conducteurs qui assure les fonctions de régulation, mais n'est pas indispensable à la sécurité des circulations proprement dite.

A nombre de cantons équivalents, le coût de ce système est du même ordre que ce qu'il est possible d'observer en France, mais il accroît considérablement la productivité de l'exploitation en permettant :

- d'offrir un niveau de sécurité qui ne limite pas le nombre de circulations en deçà des possibilités techniques de la ligne déterminées par le nombre et l'espacement des évitements et le temps nécessaire à leur franchissement
- de rendre inutile la présence d'Agents sédentaires pour assurer les fonctions de sécurité
- de ne pas exiger la présence permanente d'Agents au PCC.



*Le conducteur manœuvre un appareillage de demande de voie et l'allumage de la flèche blanche donne au conducteur l'assurance que le canton en avant est libre (chemins de fer du Jura, gare de Glovelier).*

## **Au Danemark**

Le principe est le même qu'en Suisse, qui consiste à permettre aux conducteurs de manœuvrer un dispositif de demande de voie libre contenu dans un coffret hautement sécurisé.

Lorsque la manœuvre a été effectuée et que le système a vérifié que le canton en avant est libre, l'ensemble des signaux de block du canton concerné sont disposés à voie libre pour le train dont le conducteur a manœuvré le dispositif.

L'observation du système a été effectuée sur un « privatbaner » de l'ouest du Jutland (Lemvigbanen) desservant une zone extrêmement rurale à l'exception du terminus nord qui concerne un site touristique fréquenté et la petite ville centrale de Lemvig (moins de 10 000 habitants et centre du réseau).

Il existe un Poste de régulation mais le système est décentralisé en ce qui concerne les fonctions de sécurité des circulations.

Comme sur toutes les lignes danoises ouvertes au trafic voyageurs, les fréquences en journée sont élevées (1 à 2 trains à l'heure par sens).

A l'exception de Lemvig où se trouve le poste de régulation et le dépôt atelier, aucune gare ne comporte de personnel.



*Dispositifs de demande de voie libre à la disposition des conducteurs en gare de Vemb (Jutland) : l'un des coffrets concerne la ligne de Lemvig et l'autre une ligne DSB sous traitée à Arriva.*

*Voie libre sur la ligne de Lemvig et arrêt absolu (2 feux blancs horizontaux) sur la ligne DSB :*



*Annonce d'entrée sur évitement*



*Sortie d'évitement*



# A4. Estimation de la consommation de gazole d'une desserte périurbaine

CAS D'UN AUTORAIL DE TYPE X 73500 DESSERVANT  
LA LIGNE DE COLMAR A METZERAL



## A4.1. DONNEES D'ENTREE ET HYPOTHESES

### A4.1.1. Points d'arrêt desservis

Il est considéré par hypothèse que les PK sont arrondis au kilomètre, soit :

<i>Point d'arrêt :</i>	<i>Km :</i>
■ COLMAR	0
■ COLMAR SAINT JOSEPH	1
■ COLMAR MESANGES	2
■ LOGELBACH	4
■ INGERSHEIM	6
■ TURCKHEIM	7
■ SAINT GILLES	9
■ WALBACH	11
■ WIHR AU VAL	14
■ GUNSBACH	16
■ MUNSTER BADISCHOF	18
■ MUNSTER	19
■ LUTTENBACH	21
■ BREITENBACH	22
■ MUHLBACH	23
■ METZERAL	25

### A4.1.2. Vitesses et profil

- Il est considéré par hypothèse que la ligne est en rampe continue à la *valeur uniforme de 12 pour mille (1,2 %)*.
- La vitesse maximale pratiquée est de 100 km/h entre Colmar et Munster et de 60 km/h entre Munster et Metzeral.
- Il est considéré par hypothèse que toutes les courbes sont franchissables dans les deux sens aux vitesses *ci-dessus et l'effet de points singuliers de ralentissement comme les entrées et sorties de gares de croisement et d'extrémités est estimé négligeable*.

### A4.1.3. Estimation de la masse en ligne d'un X 73500

La valeur estimée est de 57 t, soit la somme :

- De la masse en ordre de marche de 50 t.
- D'une masse moyenne estimée de la charge transportée : toutes places assises (64) et strapontins (23) occupés dans la version comportant le plus de sièges, avec une valeur moyenne de 0,08 t par voyageur périurbain (bagages inclus), soit au total :

$$87 \times 0,08 = 6,960 \text{ t, arrondis à } 7 \text{ t.}$$

### A4.1.4. Estimation de la puissance à la jante d'un X 73500

La valeur en « sortie moteurs » est de 514 kW, de laquelle il convient de déduire le rendement et la consommation des auxiliaires :

- Le rendement est estimé de l'ordre de 80 %<sup>52</sup>.
- Les auxiliaires sont estimés consommer de façon permanente (éclairage et divers) environ 10 kW/h.
- Les auxiliaires destinés au chauffage ou la climatisation sont estimés fonctionner la moitié de l'année compte tenu du climat local et consommer de façon uniforme environ 30 kW/h.

Dans ces conditions,  $P_j = 514 \times 0,8 - (10 + 30/2)$

$$= 411,2 - 25$$

$$= 386,2 \text{ kW, arrondis à } 386 \text{ kW (386 000 W).}$$

### A4.1.5. Performances en accélération

Les caractéristiques d'accélération sont par hypothèse estimées identiques en rampe, en palier et en pente, compte tenu de valeurs moyennes relativement modestes et du fait que beaucoup de points d'arrêt se situent sur des sections en palier sur une longueur courte mais cependant significative.

- L'accélération moyenne  $\gamma$  de 0 à 100 km/h (27,777 m/s) est égale à :

---

<sup>52</sup> 80% c'est un peu plus que ce qui est communément admis (70% à 75%) mais les constructeurs (notamment Voith) affirment que maintenant 80% c'est réaliste compte tenu des progrès techniques sur les boîtes les plus récentes. De plus, si le rendement est effectivement un peu surestimé l'impact sur la consommation finale est compensé par une consommation des auxiliaires largement comptée.



$$\frac{P_j}{M.V}$$

$$\text{Soit : } \frac{386\,000\text{ W}}{57\,000\text{ kg} \cdot 27,77\text{ m/s}} = \frac{386\,000}{1\,583\,333} = \mathbf{0,24\text{ m/s}^2}$$

Dans ces conditions, le temps d'accélération t1 depuis l'arrêt jusqu'à 100 km/h est égal à :

$$t_1 = \frac{V}{\gamma} = \frac{27,777}{0,24} = 115,74\text{ s arrondis à } \mathbf{116\text{ secondes.}}$$

La distance parcourue pendant la phase d'accélération est alors de :

$$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot t_1^2 = 0,5 \cdot 0,24 \cdot 116^2 = 1614,72\text{ m arrondis à } \mathbf{1615\text{ m.}}$$

- L'accélération moyenne  $\gamma$  de 0 à 60 km/h (16,666 m/s) est égale à :

$$\frac{386\,000\text{ W}}{57\,000\text{ kg} \cdot 16,66\text{ m/s}} = \frac{386\,000}{950\,000} = \mathbf{0,40\text{ m/s}^2}$$

Dans ces conditions, le temps d'accélération t2 depuis l'arrêt jusqu'à 60 km/h est égal à :

$$\frac{16,666}{0,40} = 41,66\text{ s arrondis à } \mathbf{42\text{ secondes.}}$$

La distance parcourue pendant la phase d'accélération est alors de :

$$0,5 \cdot 0,40 \cdot 42^2 = 352,8\text{ m arrondis à } \mathbf{353\text{ m.}}$$

#### A4.1.6. Performances en décélération

Il est estimé par hypothèse que le freinage s'effectue selon une valeur de décélération moyenne uniforme de  $0,8 \text{ m/s}^2$ , à la fois compatible avec les systèmes modernes de freinage et un confort convenable y compris pour les voyageurs debout pendant cette phase de la marche.

- Dans ces conditions, le temps de freinage  $f_1$  depuis  $100 \text{ km/h}$  jusqu'à l'arrêt est égal à :

$$f_1 = \frac{v}{\gamma} = \frac{27,777}{0,8} = 34,7 \text{ s arrondis à } \mathbf{35 \text{ secondes.}}$$

La distance parcourue pendant la phase de freinage est alors de :

$$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot f_1^2 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 35^2 = \mathbf{490 \text{ m.}}$$

- Dans ces mêmes conditions, le temps de freinage  $f_2$  depuis  $60 \text{ km/h}$  jusqu'à l'arrêt est égal à :

$$\frac{16,666}{0,8} = 20,8 \text{ s arrondis à } \mathbf{21 \text{ secondes.}}$$

La distance parcourue pendant la phase de freinage est alors de :

$$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot f_2^2 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 21^2 = 176,4 \text{ m arrondis à } \mathbf{177 \text{ m}}$$

#### A4.1.7. Cas particulier

Lorsque la vitesse maximale est de  $60 \text{ km/h}$ , on constate que la distance totale parcourue pendant les phases d'accélération et de freinage est égale à  $353 + 177 = 530 \text{ m}$ , de toutes façons inférieure à  $1000 \text{ m}$  (inter-station théoriquement minimale) ce qui laisse dans ce cas un temps de marche à la vitesse maximale de :  $1000 - 530 = 470 \text{ m}$ , parcourus en :

$$\frac{470}{16,66} = 28 \text{ s environ,}$$

Si l'on ajoute à cette valeur celle du temps de freinage, le temps pendant lequel les moteurs ne fonctionnent pas à pleine puissance est égal à  $28 + 21 = 49$  s, soit un peu plus que le temps d'accélération.

Cette valeur semble a priori convenable pour ménager les moteurs et les transmissions qui ne peuvent supporter un temps de marche à puissance maximale excessif.

En revanche, on constate que lorsque la vitesse maximale est de 100 km/h, la distance totale parcourue pendant les phases d'accélération et de freinage est égale à  $1615 + 353 = 1968$  m.

Il y a donc lieu de considérer que lorsque la vitesse maximale autorisée est de 100 km/h :

- La vitesse maximale ne peut excéder 60 km/h lorsque l'inter-station est de l'ordre de 1000 m ;
- La vitesse maximale ne peut excéder 80 km/h lorsque l'inter-station est de l'ordre de 2000 m.

**Pour une vitesse maximale de 80 km/h** (22,22 m/s) un calcul de performances identique aux précédents montre que :

- Le temps d'accélération est de **74 s** pour une distance parcourue de **822 m** ;
- Le temps de freinage est de **28 s** pour une distance parcourue de **314 m**.

#### **A4.1.8. Marche à vitesse maximale**

La puissance nécessaire à la jante pour que le véhicule roule à vitesse maximale peut être estimée en utilisant la formule de Davies simplifiée :

$P = F.V$  (F en newtons) dans laquelle  $F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$

Où

- $F_1$  est la force nécessaire pour vaincre les frottements ;
- $F_2$  est la force nécessaire pour vaincre les effets de la gravité ;
- $F_3$  est la force nécessaire pour vaincre les effets dus à la masse roulante ;
- $F_4$  est la force nécessaire pour vaincre la résistance de l'air.

en utilisant les paramètres suivants :

- $F_1 = 65 N \cdot \text{nombre de roues}$
- $F_2 = 0,065 \alpha.g \cdot M$
- $F_3 = 0,01 M.V$

- $F_4 = C_x S.V^2$

Soit, dans le cas d'un autorail X 73500 monocaisse pesant 57 t :

- Le nombre de roues est égal à 8 ;
- $\alpha$  (valeur de la rampe), est pris à la valeur moyenne de 0,012 (12 pour mille) ;
- $g$  (gravité) est égal à 9,81 m/s<sup>2</sup> arrondi à 10 ;
- $C_x$  (coefficient de pénétration dans l'air) est estimé à 0,5 ;
- $S$  (maître-couple) est estimé à 11 m<sup>2</sup>.

Dans ces conditions :

- $F_1 = 65 \cdot 8 = 520 \text{ N}$ .
- $F_2 = 0,065 \cdot 0,012 \cdot 10 \cdot 57000 = 445 \text{ N}$
- $F_3 = 57 \text{ V}$
- $F_4 = 0,5 \cdot 11 \cdot V^2$

Soit dans le sens de la rampe, pour les vitesses  $V$  respectives :

- de **60 km/h** (16,66 m/s) :  $F_3 = 57 \cdot 16,66 = 950 \text{ N}$  /  $F_4 = 0,5 \cdot 11 \cdot 16,66^2 = 1527 \text{ N}$   
 $P = 16,66 \cdot (520 + 445 + 950 + 1527) = 57\ 343 \text{ W}$  arrondis à **58 kW**.
- de **80 km/h** (18,06 m/s) :  $F_3 = 57 \cdot 18,06 = 1030 \text{ N}$  /  $F_4 = 0,5 \cdot 11 \cdot 18,06^2 = 1794 \text{ N}$   
 $P = 18,06 \cdot (520 + 445 + 1030 + 1794) = 68\ 429 \text{ W}$  arrondis à **69 kW**.
- De **100 km/h** (27,77 m/s) :  $F_3 = 57 \cdot 27,77 = 1583 \text{ N}$  /  $F_4 = 0,5 \cdot 11 \cdot 27,77^2 = 4242 \text{ N}$   
 $P = 27,77 \cdot (520 + 445 + 1583 + 4242) = 188\ 558 \text{ W}$  arrondis à **189 kW**.

Soit dans le sens de la pente ( $F_2 = 0$  puisque  $\alpha = 0$ ) pour les vitesses  $V$  respectives :

- de **60 km/h** (16,66 m/s) :  $P = 16,66 \cdot (520 + 950 + 1527) = 49\ 930 \text{ W}$   
arrondis à **50 kW**.
- de **80 km/h** (18,06 m/s)  $P = 18,06 \cdot (520 + 1030 + 1794) = 60\ 392 \text{ W}$   
arrondis à **61 kW**.
- De **100 km/h** (27,77 m/s) :  $P = 27,77 \cdot (520 + 1583 + 4242) = 176\ 200 \text{ W}$   
arrondis à **176 kW**.

#### **A4.1.9. Consommations en période de freinage et d'arrêt**

Pendant ces périodes, les moteurs tournent normalement au ralenti, donc continuent à consommer pour la traction selon le schéma estimatif suivant :

- Lors des séquences de **décélération** la puissance motrice utilisée est estimée à 10 % de la puissance « traction » maximale (effet du frein moteur), soit environ **39 kW**.
- Lors des **arrêts** le maintien en marche du moteur est estimé à 5 % de la puissance « traction » maximale, soit environ **20 kW**

## A4.2. ESTIMATIONS DES PUISSANCES ET DES TEMPS

### A4.2.1. Puissances « traction » sens montant

#### A4.2.1.1 Interstations de 1 km (V max = 60 km/h)

Sections concernées :

Colmar - Colmar Saint Joseph,  
Colmar Saint Joseph - Colmar Mésanges,  
Ingersheim - Turckheim,  
Munster Badischof - Munster,  
Luttenbach - Breitenbach,  
Breitenbach - Muhlbach

Phases d'accélération :  $6 \cdot 386 \text{ kW} \cdot 42 \text{ s} = 97\,272 \text{ kW/s}$

Phases de marche à V max:  $6 \cdot 58 \text{ kW} \cdot (470\text{m} : 16,66\text{m/s}) = 9\,744 \text{ kW/s}$

Phases de décélération :  $6 \cdot 39\text{kW} \cdot 21\text{s} = 4\,914 \text{ kW/s}$

Phases d'arrêt :

Colmar :  $20 \text{ kW} \cdot 300 \text{ s} : 6\,000 \text{ kW/s}$

Munster et Turckheim :  $2 \cdot 20 \text{ kW} \cdot 40\text{s} : 1\,600 \text{ kW/s}$

Autres stations :  $4 \cdot 20 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s} = 1\,600 \text{ kW/s}$

$\Sigma = 97\,272 + 9\,744 + 4\,914 + 6\,000 + 1\,600 + 1\,600 = 121\,130 \text{ kW/s}$  ou **33,6 kWh**.

$T = (6 \cdot 42) + 6 \cdot (470 : 16,66) + (6 \cdot 21) + 300 + (2 \cdot 40) + (4 \cdot 20) = 252 + 168 + 126 + 300 + 80 + 80 =$   
**1006 s.**

#### A4.2.1.2 Interstations de 2 km (V max = 80 km/h)

Sections concernées :

Colmar Mésanges - Logelbach  
Logelbach - Ingersheim  
Turckheim - Saint Gilles  
Saint Gilles - Walbach  
Wihr au Val - Gunsbach

## Gunsbach - Munster Badischof

Phases d'accélération :  $6 \cdot 386 \text{ kW} \cdot 74 \text{ s} = 171\,384 \text{ kW/s}$

Phases de marche à V max:  $6 \cdot 69 \text{ kW} \cdot (864\text{m} : 18,06\text{m/s}) = 19\,872 \text{ kW/s}$

Phases de décélération :  $6 \cdot 39\text{kW} \cdot 28\text{s} = 6\,552 \text{ kW/s}$

Phases d'arrêt (toutes stations) :  $6 \cdot 20 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s} = 2\,400 \text{ kW/s}$

$\Sigma = 171\,384 + 19\,872 + 6\,552 + 2\,400 = 200\,208 \text{ kW/s}$  ou **55,6 kWh**.

$T = (6.74) + 6 (864 : 18,06) + (6.28) + (6.20) = 444 + 48 + 168 + 120 = \mathbf{780 \text{ s}}$ .

### **A4.2.1.3 Interstation de Walbach à Wihr au Val : 3 km (V max = 100 km/h)**

Phase d'accélération :  $386 \text{ kW} \cdot 116 \text{ s} = 44\,776 \text{ kW/s}$

Phases de marche à V max:  $189 \text{ kW} \cdot (895\text{m} : 27,77\text{m/s}) = 6\,048 \text{ kW/s}$

Phases de décélération :  $39\text{kW} \cdot 35\text{s} = 1\,365 \text{ kW/s}$

Phases d'arrêt (toutes stations) :  $20 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s} = 400 \text{ kW/s}$

$\Sigma = 44\,776 + 6\,048 + 1\,365 + 400 = 52\,589 \text{ kW/s}$  ou **14,6 kWh**

$T = 116 + (895 : 27,77) + 35 + 20 = \mathbf{203 \text{ s}}$ .

### **A4.2.1.4 Interstations de Munster à Luttenbach et de Muhlbach à Metzeral : 2 km (V max 60 km/h)**

Phase d'accélération :  $2 \cdot 386 \text{ kW} \cdot 42 \text{ s} = 32\,424 \text{ kW/s}$

Phases de marche à V max:  $2 \cdot 58 \text{ kW} \cdot (1470 \text{ m} : 16,66\text{m/s}) = 10\,208 \text{ kW/s}$

Phases de décélération :  $2 \cdot 39\text{kW} \cdot 21\text{s} = 1\,638 \text{ kW/s}$

Phases d'arrêt :

Metzeral :  $20\text{kW} \cdot 300 \text{ s} : 6\,000 \text{ kW/s}$

Autres stations :  $20 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s} = 400 \text{ kW/s}$

$\Sigma = 32\,424 + 10\,208 + 1\,638 + 6\,000 + 400 = 50\,670 \text{ kW/s}$  ou **14 kWh**.

$T = (2.42) + 2 (1470 : 16,66) + (2.21) + 300 + 20 = 84 + 88 + 42 + 300 + 20 = \mathbf{534 \text{ s}}$ .

## A4.2.2. Puissances « traction » sens descendant

### A4.2.2.1. Interstations de 1 km (V max = 60 km/h)

Sections concernées :

Muhlbach - Breitenbach  
Breitenbach - Luttenbach,  
Munster - Munster Badischof,  
Turckheim - Ingersheim  
Colmar Mésanges - Colmar Saint Joseph,  
Colmar Saint Joseph - Colmar,

Phases d'accélération :  $6 \cdot 386 \text{ kW} \cdot 42 \text{ s} = 97\,272 \text{ kW/s}$

Phases de marche à V max:  $6 \cdot 50 \text{ kW} \cdot (864 \text{ m} : 16,66\text{m/s}) = 8\,400 \text{ kW/s}$

Phases de décélération :  $6 \cdot 39\text{kW} \cdot 21\text{s} = 4\,914 \text{ kW/s}$

Phases d'arrêt :

Colmar :  $20 \text{ kW} \cdot 300 \text{ s} = 6\,000 \text{ kW/s}$   
Munster et Turckheim :  $2 \cdot 20 \text{ kW} \cdot 40\text{s} = 1\,600 \text{ kW/s}$   
Autres stations :  $4 \cdot 20 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s} = 1\,600 \text{ kW/s}$

$\Sigma = 97\,272 + 8\,400 + 4\,914 + 6000 + 1600 + 1600 = 119\,786 \text{ kW/s}$  ou **33,3 kWh**.

$T = (6.42) + 6 (470 : 16,66) + (6.21) + 300 + (2.40) + (4.20) = 252 + 168 + 126 + 300 + 80 + 80 =$   
**1 006 s.**

### A4.2.2.2. Interstations de 2 km (V max = 80 km/h)

Sections concernées :

Munster Badischof - Gunsbach  
Gunsbach - Wihr au Val  
Walbach - Saint Gilles  
Saint Gilles - Turckheim  
Ingersheim - Logelbach  
Logelbach - Colmar Mésanges



Phases d'accélération :  $6 \cdot 386 \text{ kW} \cdot 74 \text{ s} = 171\,384 \text{ kW/s}$

Phases de marche à V max:  $6 \cdot 61 \text{ kW} \cdot (864 \text{ m} : 18,06 \text{ m/s}) = 17\,568 \text{ kW/s}$

Phases de décélération :  $6 \cdot 39 \text{ kW} \cdot 28 \text{ s} = 6\,552 \text{ kW/s}$

Phases d'arrêt (toutes stations) :  $6 \cdot 20 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s} = 2\,400 \text{ kW/s}$

$\Sigma = 171\,384 + 17\,568 + 6\,552 + 2\,400 = 197\,904 \text{ kW/s}$  ou **55 kWh**.

$T = (6 \cdot 74) + 6 \cdot (864 : 18,06) + (6 \cdot 28) + (6 \cdot 20) = 444 + 48 + 168 + 120 = \mathbf{780 \text{ s}}$ .

#### **A4.2.2.3. Interstation de Wihr au Val à Walbach : 3 km (V max = 100 km/h)**

Phase d'accélération :  $386 \text{ kW} \cdot 116 \text{ s} = 44\,776 \text{ kW/s}$

Phases de marche à V max:  $176 \text{ kW} \cdot (895 \text{ m} : 27,77 \text{ m/s}) = 5\,667 \text{ kW/s}$

Phases de décélération :  $39 \text{ kW} \cdot 35 \text{ s} = 1\,365 \text{ kW/s}$

Phases d'arrêt (toutes stations) :  $20 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s} = 400 \text{ kW/s}$

$\Sigma = 44\,776 + 5\,667 + 1\,365 + 400 = 52\,208 \text{ kW/s}$  ou **14,5 kWh**

$T = 116 + (895 : 27,77) + 35 + 20 = \mathbf{203 \text{ s}}$ .

#### **A4.2.2.4. Interstations de Metzeral à Muhlbach et de Luttenbach à Munster : 2 km (V max 60 km/h)**

Phase d'accélération :  $2 \cdot 386 \text{ kW} \cdot 42 \text{ s} = 32\,424 \text{ kW/s}$

Phases de marche à V max:  $2 \cdot 50 \text{ kW} \cdot (1470 \text{ m} : 16,66 \text{ m/s}) = 8\,823 \text{ kW/s}$

Phases de décélération :  $2 \cdot 39 \text{ kW} \cdot 21 \text{ s} = 1\,638 \text{ kW/s}$

Phases d'arrêt :

Metzeral :  $20 \text{ kW} \cdot 300 \text{ s} = 6\,000 \text{ kW/s}$

Autres stations :  $20 \text{ kW} \cdot 20 \text{ s} = 400 \text{ kW/s}$

$\Sigma = 32\,424 + 8\,823 + 1\,638 + 6\,000 + 400 = 49\,285 \text{ kW/s}$  ou **13,7 kWh**.

$T = (2 \cdot 42) + 2 \cdot (1470 : 16,66) + (2 \cdot 21) + 300 + 20 = \mathbf{534 \text{ s}}$ .

### **A4.2.3. Puissances et temps hors traction**

La puissance estimée des auxiliaires a été établie (CF 1.4.) à  $10 + (30 : 2) = 25$  kW, soit une consommation de 25 kWh en utilisation continue.

Le temps de trajet pour effectuer un aller - retour de Colmar à Metzeral, soit 50 km, s'établit en fonction des données du chapitre 1 à :

$2 (1006 + 780 + 203 + 534) = 5046$  s (environ 84 mn, stationnements aux terminus inclus).

La consommation pour un trajet aller-retour (50 km) s'établit par conséquent à :

$$\frac{25 \cdot 84}{60} = 35 \text{ kWh}$$

#### **A4.2.4. Consommation pour un trajet de 100 km (soit 2 AR de Colmar à Metzeral)**

- Consommations « traction (CF : 2.1. et 2.2.) » :  
 $2 (33,6 + 55,6 + 14,6 + 14 + 33,3 + 55 + 14,5 + 13,7) = 468,6 \text{ kWh}$
- Consommation « auxiliaires » (CF 2.3) :  
 $2 \times 35 = 70 \text{ kWh.}$
- Consommation totale (traction et auxiliaires) en kWh :  
 $468,6 + 70 = 538,6 \text{ kWh}$
- Consommation en litres de carburant pour 100 km :

On retient  $180 \text{ g / ch / h}$  pour tenir compte des performances des moteurs actuels. Dans ces conditions,  $180 \text{ g / ch / h} = 0,138 \text{ kg / kW / h} = 0,162 \text{ litre}$ , pour une densité de  $0,85 \text{ kg par litre}$ .

La consommation pour un autorail X73500 s'établit alors à  $538,6 \times 0,162 = 87,25 \text{ litres / 100 km}$ .

Elle est légèrement moindre pour deux autorails accouplés puisqu'en phase de marche la force  $F_4 (C_x.S.V^2)$  ne s'applique qu'au véhicule de tête. On peut donc faire une estimation (toutes choses égales par ailleurs) de l'ordre de  $85 \text{ litres / 100 km}$  pour le second véhicule.

Ainsi la consommation pour une rame de deux autorails accouplés peut être estimée à :

$$87,25 + 85 = \mathbf{172,25 \text{ litres / 100 km.}}$$



## A5. Tableau des valeurs d'entrée du modèle



## A5.1. TABLEAU DES VALEURS D'ENTREE DU MODELE (1)

Modèle d'estimation de coût							
Données générales						Sources et date, remarques	
7	Modèle du	[tt.mm.jjj]	28/04/2011			valeurs entrés ici	
8	Version	[#. #]	5.0				
9	Réalisé par	[*]	D. Günthel			valeurs calculés ici ou dans un autre module	
10	Actualisation des données	[*]	25/10/2011				
11	Client	[*]	Prédit				
12	Titre		Estimation de coût				
0 Conditions cadres							
18	scénario		scénario 1	scénario 2	scénario 3		
20	Caractéristiques		convention 10 ans, offre 2	convention 10 ans, offre 2	10 ans, offre entièrement cadencée, coût DSP (entreprise p module "Mengengerüst"		
Volumés de la trame de volumés							
général			scénario 1	scénario 2	scénario 3	Année de base Indice Sources et date, remarques	
24	Subvention actuelle, Alsace	[Euro/train.km]	17,80	17,80	17,80	2009 A01: V€ Source: Ville, Rail & Transports N°517 - 06.04.2011	
25	volume de l'offre actuelle Colmar - Metzeral	[train.km annuels]	269.293	269.293	344.027	2010 A01: V€ Hors services par autobus	
27	module de calcul des volumés	[choix]	Mengengerüst V1	Mengengerüst V1	Mengengerüst V2		
28			M-V1	M-V1	M-V2		
30	année de base infrastructure					2010 X02: Trassen/Stationspreis	
Début d'exploitation échelonné							
34	(non considérée)	[m]					
Volume par année normalisée (du module séparé)							
50	train.km unité simple	[train.km annuels]	0	0	0	module "Mengengerüst"	
51	train.km unité double	[train.km annuels]	233.711	233.711	344.027		
52	train.km unité triple	[train.km annuels]	0	0	0	module "Mengengerüst"	
53	train.km unité quadruple	[train.km annuels]	0	0	0	module "Mengengerüst"	
54	Zugkilometer 5fach-Traktion	[train.km annuels]	0	0	0	aus Mengengerüst plus Zusatzkilometer bei Miete	
55	train.km haut-le-pied	[train.km annuels]	34.457	5.987	7.090		
56	<b>Total train.km</b>	<b>[train.km annuels]</b>	<b>268.168</b>	<b>239.698</b>	<b>351.117</b>		
58	train.km pendant la durée du contrat	[train.km]	2.681.677	2.396.977	3.511.171		
59	<b>Total train.km, moyenne</b>	<b>[train.km annuels]</b>	<b>268.168</b>	<b>239.698</b>	<b>351.117</b>	module "Mengengerüst", moyenne des années considérées	
60	<b>Total train.km, moyenne, sans parcours haut-le-pied</b>	<b>[train.km annuels]</b>	<b>233.711</b>	<b>233.711</b>	<b>344.027</b>		
62	voiture.km unité simple	[voiture.km annuels]	0	0	0	module "Mengengerüst"	
63	voiture.km unité double	[voiture.km annuels]	467.421	467.421	688.054	module "Mengengerüst"	
64	voiture.km unité triple	[voiture.km annuels]	0	0	0	module "Mengengerüst"	
65	voiture.km unité quadruple	[voiture.km annuels]	0	0	0	module "Mengengerüst"	
66	Zugkilometer 5fach-Traktion	[Wagenkm p.a.]	0	0	0		
67	<b>Total voiture.km</b>	<b>[voiture.km annuels]</b>	<b>467.421</b>	<b>467.421</b>	<b>688.054</b>		
69	<b>Total voyageurs.km annuels</b>	<b>[1.000 voyageurs.km annuels]</b>	<b>12.153</b>	<b>12.153</b>	<b>17.475</b>		
70	<b>Total voyageurs.km pendant la durée du contrat</b>	<b>[1.000 voyageurs.km]</b>	<b>121.530</b>	<b>121.530</b>	<b>174.751</b>	module "Mengengerüst"	
71	modificateur voyageurs.km	[%]	100,00%	100,00%	100,00%		
72	coefficient heures de roulement	[%]	25,00%	25,00%	25,00%		
73	<b>Total heures de roulement</b>	<b>[heures de roulement annuels]</b>	<b>7.798</b>	<b>7.798</b>	<b>10.866</b>	module "Mengengerüst"	
75	<b>Taux d'accompagnement</b>	<b>[%]</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	module "Mengengerüst"	
77	ATER_X73500_1	[#]	thermique	6	6	6	y compris réserve
78		[#]		0	0	0	y compris réserve
92	<b>Total véhicules nécessaires, y compris réserve</b>	<b>[#]</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		
93	dont rames électriques		0	0	0		
94	dont rames thermiques		6	6	6		
95	dont à financer		6	6	6		
97	parcours à l'atelier	[train.km annuels]	32.120	3.650	3.650	Scénario 1: Colmar - Mulhouse 44km, 2 trajets par jour, 365/365	
98	coefficient parcours à l'atelier	[%]	1,000%	1,000%	1,000%		
Conditions générales							
général			scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base Indice Sources et date, remarques	
102	durée de la convention	[ans]	10	10	10		
103	début de la convention	[tt.mm.jjj]	01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
104	fin de la convention	[tt.mm.jjj]	31.12.2019	31.12.2019	31.12.2019		
106	début de la période de mise en place	[tt.mm.jjj]	01.01.2009	01.01.2009	01.01.2009		
107	fin de la période de mise en place	[tt.mm.jjj]	31.12.2009	31.12.2009	31.12.2009		
108	durée de la période de mise en place	[ans]	1,0	1,0	1,0		
110	début de la période considérée	[tt.mm.jjj]	01.01.2009				
111	fin de la période considérée	[tt.mm.jjj]	30.11.2038				
113	année de base	[jjj]	2010				
115	taux d'escompte	[%]	2,55%	Frankreich-Bond, échéance 2019, rendement actuel 2,55% (WKN 872522)			
116	date de base	[tt.mm.jjj]	01.01.2010				
118	investissement de remplacement?	[ja/nein]	nein				
119	valeurs résiduelles considérées?	[ja/nein]	ja				
Loyers							
122	loyer bureaux	[Euro/m2*mois]	5,00	5,00	5,00	2010 A01: V€	
123	loyer bureaux cadres	[Euro/m2*mois]	8,00	8,00	8,00	2010 A01: V€	
124	supplément surfaces de circulation	[%]	20,0%				
125	supplément surfaces plus grands que nécessaires	[%]	10,0%				
126	supplément charges foncières	[%]	15,0%				
Personnel							
128	charges sociales employé - SNCF	[%]	14,12%				
129	charges sociales employeur - SNCF	[%]	52,68%				
130	charges sociales employé - privé	[%]	19,54%				
131	charges sociales employeur - privé	[%]	38,60%				
135	jours annuels	[d]	365,00				
136	samedis, dimanches	[d]	104,00				
137	absence maladie	[d]		17,5	17,7	17,7	
138	congés payés	[d]		28,0	25,0	25,0	
139	jours fériés	[d]	12,0				
140	formation du personnel	[d]	11,0				
141	journées de service annuelles	[d]		152,5	176,3	176,3	
142	taux d'absence maladie	[%]		8,3%	8,3%	8,3%	
143	recupération contraintes métier / RTT			40	19	19	
144	début de service	[hh:mm]	0:00:00				
145	fin de service	[hh:mm]	24:00:00				
146	durée du service	[h]	24:00:00				
Indices de prix							
général			scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base Indice Sources et date, remarques	
Valeurs des indices de prix utilisés							
151	indice de prix du contrat existant	[%]	1,50%				
153	A01: Verbraucherpreisindex in Deutschland	61111-0005	1,50%				
154	T01: Eisenbahnfahrpreis	KCW	2,50%				
171	P11: Eisenbahnen	WZ93M601	2,00%				
174	P14: Hilfs- u. Nebentätigk.f. Verk., Verkverm., Nachricht.ü.	WZ93M63UND64	5,50%				
186	E11: Elekt. Strom, Abgabe an Sonderk. Hochspannung	61241-GP-X401115	4,00%				
190	E15: Schmieröle, nichtenergetisch	61241-GP-2320185f	2,00%				
203	E28: Warenverkaufsaufautomaten	61241-GP-2924333f	1,00%				
207	E32: Maschinen, Apparate und mechanische Geräte	61241-GP-2952309f	1,50%				
215	E40: Teile für Schienenfahrzeuge		4,00%				
222	X02: Trassen/Stationspreis	KCW	3,74%				
Inflation en France sur 10 ans (1,736%) plus 2% (source: http://de.gk)							

Impact de l'ouverture à la concurrence dans le transport régional ferroviaire de voyageurs sur la consommation d'énergie et sur les émissions de carbone.

## A5.2. TABLEAU DES VALEURS D'ENTREE DU MODELE (2)

Attribution des indices pour l'extrapolation des postes de charges							
257	Acquisition de matériel roulant	[Auswahl]	A01: Verbraucherpreisindex in Deutschland				
258	Acquisition de l'atelier	[Auswahl]	A01: Verbraucherpreisindex in Deutschland				
259	frais matériels de la mise à disposition	[Auswahl]	A01: Verbraucherpreisindex in Deutschland				
260							
261	coût énergie diesel	[Auswahl]	E10: Dieselkraftstoff bei Abgabe an Großverbraucher				
262	coût énergie électricité	[Auswahl]	E11: Elekt. Strom, Abgabe an Sonderk. Hochspannung				
263	maintenance courante	[Auswahl]	E15: Schmieröle, nichtenergetisch				
264							
265	frais de personnel exploitation	[Auswahl]	P11: Eisenbahnen				
266	frais matériels exploitation	[Auswahl]	A01: Verbraucherpreisindex in Deutschland				
267	frais de personnel maintenance	[Auswahl]	P11: Eisenbahnen				
268	frais matériels maintenance	[Auswahl]	A01: Verbraucherpreisindex in Deutschland				
269	frais de personnel nettoyage	[Auswahl]	P14: Hilfs- u. Nebentätigk. Verk., Verkverm., Nachricht.ü.				
270	frais matériels nettoyage	[Auswahl]	A01: Verbraucherpreisindex in Deutschland				
271							
272	frais de personnel administration	[Auswahl]	P11: Eisenbahnen				
273	frais matériels administration	[Auswahl]	A01: Verbraucherpreisindex in Deutschland				
274	bénéfice	[Auswahl]	Z01: Eigener Index 1				
275							
276	coût de l'infrastructure	[Auswahl]	X02: Trassen/Stationspreis				
277	coût de l'infrastructure	[Auswahl]	X02: Trassen/Stationspreis				
278							
279	recettes	[Auswahl]	T01: Eisenbahnfahrpreis				

Financement	général	scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	Indice	Sources et date, remarques
<b>Phase de préfinancement</b>							
287	taux annuel, phase de préfinancement, nominal	3,80%	3,80%	3,80%	3,80%		conditions dans la période d'exploitation proche du taux du trésor public
288	taux mensuel, phase de préfinancement, nominal		0,311%	0,311%	0,311%		
289	conditions de financement		conditions du trésor public				
<b>Phase de financement long terme</b>							
292	début du financement		01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
293	fin de financement		30.11.2038	30.11.2038	30.11.2038		
294	durée du financement		28,9	28,9	28,9		
296	taux annuel, nominal, financement long terme, véhicules	3,56%	3,56%	3,56%	3,56%		conditions dans la période d'exploitation proche du taux du trésor public
297	taux mensuel, nominal, financement long terme, véhicules		0,292%	0,292%	0,292%		
299	sans remboursement jusqu'à		01.01.2015	01.01.2015	01.01.2015		
300	temps sans remboursement		5,0	5,0	5,0		
302	années à taux fixe		0,0	0,0	0,0		
303	taux annuel, variable		5,00%	5,00%	5,00%		
304	taux mensuel, variable		0,407%	0,407%	0,407%		
306	Eigenkapitalzins p.a.		0,0%	0,0%	0,0%		
307	EK-Zins monatlich		0,000%	0,000%	0,000%		
316	taux annuel, nominal, financement long terme, atelier	5,37%	5,37%	5,37%	5,37%		taux de référence 3,07% (=Zinsswapp Euro-Euribor, période 15 ans, source: Handelsblatt du 10/11/2010) +0,3% coût de la liquidité, +1,5%
317	taux mensuel, nominal, financement long terme, atelier		0,437%	0,437%	0,437%		
319	Remboursement total, crédit véhicules à la fin de la convention	[ja/nein]	ja	ja	ja		
320	Remboursement total, crédit atelier à la fin de la convention	[ja/nein]	ja	ja	ja		

† Coût de mise à disposition							
<b>Matériel roulant</b>							
Matériel roulant	général	scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	Indice	Sources et date, remarques
<b>Fourniture du matériel roulant</b>							
327	réserve de véhicules en % du parc		4,2%	4,2%	4,2%		
328	Benötigte Fahrzeugreserve		0,0%	0,0%	0,0%		
329	Modifikator Fahrzeugpreis		1,000	1,000	1,000		
330	Rabatt ab x Einheiten		0	0	0		
331	Mengenrabatt bei Anzahl > x Stück		0,0%	0,0%	0,0%		
332	nombre de véhicules		6	6	6		
333	investissement global véhicules	seulement véhicules neufs	11.250.000	11.250.000	11.250.000		
334	nombre de véhicules à acheter		6	6	6		
335	investissement véhicules neuves		10.800.000	10.800.000	10.800.000		
336	commande des véhicules		01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
337	début de la production des véhicules		01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
338	en présérie		6	6	6		
339	début livraison de la présérie		01.11.2009	01.11.2009	01.11.2009		
340	fin livraison de la présérie		01.12.2009	01.12.2009	01.01.2010		
341	nombre livré par mois de la présérie		7	7	6		
342	Auslieferung Vorserie letzter Monat		6	6	0		
343	Beginn Auslieferung Fahrzeuge		01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
344	Anzahl ausgelieferter Fahrzeuge pro Monat		6	6	6		
345	Auslieferung im letzten Monat		6	6	6		
346	Dauer zwischen Auslieferungszeitpunkt und Abnahmezeitpunkt		0	0	0		
347	Ende Auslieferung/Betriebsaufnahme		01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
349	date d'achat des véhicules		01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
350	durée d'utilisation des véhicules		20	20	20		
351	valeur résiduelle des véhicules à la fin de la convention		0,0%	0,0%	0,0%		
<b>Financement du matériel roulant</b>							
360	part de subvention matériel roulant		0,0%	0,0%	0,0%		
361	part autofinancé		100,0%	100,0%	100,0%		
362	quota de défaliance des véhicules		2,18%	2,18%	2,18%		
363	coût des services de remplacement par autocar		20.461	18.289	26.790		calculé à 3,50 €/bus.km

Atelier et maintenance							
Atelier et maintenance	général	scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	Indice	Sources et date, remarques
366	nombre d'ateliers (part affecté aux services de la convention)		0,10	0,50	0,50		
367	type de fourniture (acheté/loué)		gekauft	gekauft	gekauft		
<b>Bâtiment de l'atelier</b>							
370	minimum voies dans l'atelier		2	2	2		
371	voie par x véhicules		8	8	8		
372	largeur du bâtiment par voie		7,5	7,5	7,5		
373	type de véhicule dans le bâtiment		ATER_X73500_1	ATER_X73500_1	ATER_X73500_1		
374	nombre d'unités d'affilée		1,5	1,5	1,5		
375	surface nécessaire dans le bâtiment		1.058	1.058	1.058		
377	surface bâtiment atelier		6.650	1.365	1.365		
378	coût de construction du bâtiment		750	750	750	2010	A01: V€ estimation d'après w ikimpla.com
379	coût de construction du bâtiment		4.987.500	1.023.750	1.023.750		
380	supplément coût de planification		10,0%	10,0%	10,0%		
381	coût de construction et planification du bâtiment / partie affectée au r		548.625	563.063	563.063		
383	début des travaux atelier		01.01.2009	01.01.2009	01.01.2009		
384	durée des travaux		1,00	1,00	1,00		
386	date de livraison atelier		01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
387	durée d'utilisation atelier		15	15	15		
388	valeur résiduelle atelier		0,0%	0,0%	0,0%		
<b>Terrain atelier</b>							
391	terrain nécessaire atelier		26.250	6.000	6.000		
392	coût terrain par m2		100	100	100	2010	A01: V€
393	date d'achat du terrain		01.01.2009	01.01.2009	01.01.2009		
394	durée d'utilisation terrain		9.999.999	9.999.999	9.999.999		
395	durée de financement terrain		15	15	15		
396	valeur résiduelle terrain		100,0%	100,0%	100,0%		
398	terrain en fermage?		nein	nein	nein		
399	fermage en % de la valeur du terrain		7,0%	7,0%	7,0%		



### A5.3. TABLEAU DES VALEURS D'ENTREE DU MODELE (3)

voies de service dans l'atelier							
406	longueur de voies de service	[m]	1.750	300	300		
407	coût des voies par m	[Euro/m]	400	400	400	2010	A01: Vi
408	nombre d'aiguillages	[#]	6	2	2		
409	coût unitaire aiguillage	[Euro/Weiche]	45.000	45.000	45.000	2010	A01: Vi
411	coût voies et aiguillages / partie affectée au réseau	[Euro]	97.000	105.000	105.000		
412	date de livraison des voies	[tt.mm.jjjj]	01.01.2009	01.01.2010	01.01.2010		
413	durée d'utilisation des voies	[a]	25	25	25		
414	valeur résiduelle voies	[%]	0,0%	0,0%	0,0%		
Equipement de l'atelier							
417	coût équipement de l'atelier / partie affectée au réseau	[Euro]	215.000	694.500	694.500	2010	A01: Vi
418	date d'achat équipement de l'atelier	[tt.mm.jjjj]	01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
419	durée d'utilisation équipement de l'atelier	[a]	8	8	8		
420	valeur résiduelle équipement de l'atelier	[%]	0,0%	0,0%	0,0%		
Financement atelier							
423	part des subventions investissements atelier	[%]	0,0%	0,0%	0,0%		
424	part autofinancé	[%]	100,0%	100,0%	100,0%		
<b>Autres</b>							
		général	scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	indice Sources et date, remarques
<b>Contrôle technique</b>							
450	contrôle technique lourd (Hauptuntersuchung), % annuel du coût des	[%]	0,75%	0,75%	0,75%		
<b>Assurances</b>							
461	assurance des véhicules, % annuel du coût des véhicules	[%]	0,04%	0,04%	0,04%		
462	part de assurance responsabilité civile d'exploitation	[%]	0,6%	0,6%	0,6%		
<b>2 coût dépendant de la distance parcourue</b>							
<b>Energie</b>							
		général	scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	indice Sources et date, remarques
474	coût diesel en gros	[Euro/l]	0,4600	0,4600	0,4600	2010	E10: Di Diesel sans TIPP
475	coût de livraison	[Euro/l]	0,0000	0,0000	0,0000	2010	E10: Di (non considéré, identique pour tous les opérateurs)
<b>Matières de consommation</b>							
		général	scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	indice Sources et date, remarques
500	sable et lubrifiants	[Euro/train.km]	0,025	0,015	0,015	2010	E15: Sc
502	somme de base pour pièces de rechange	[Euro]	10.800.000	10.800.000	10.800.000		
503	pièces de rechange, en % annuels du coût des véhicules	[%]	1,10%	1,10%	1,10%		
504	part du coût des pièces de rechange par km	[%]	60,00%	60,00%	60,00%		
505	part du coût des pièces de rechange par véhicule	[%]	40,00%	40,00%	40,00%		
<b>Coût de l'infrastructure</b>							
		général	scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	indice Quelle und Datum
510	prix par km pour parcours à vide	[a]	3,012	3,012	3,012	2010	X02: Tr NOR:DEV:T0828337A Version consolidée au 12/12/2010, w w w .legfra
<b>3 coût dépendant de la durée</b>							
<b>conducteurs et personnel d'accompagnement</b>							
		général	scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	indice Sources et date, remarques
<b>Frais de personnel</b>							
520	nombre de conducteurs par train, unité simple	[#]	1	1	1		
521	nombre de conducteurs par train, unité double	[#]	1	1	1		
522	nombre de conducteurs par train, unité triple	[#]	1	1	1		
523	nombre de conducteurs par train, unité double	[#]	1	1	1		
526	nombre de contrôleurs par train, unité simple	[#]	1	1	1		
527	nombre de contrôleurs par train, unité double	[#]	1	1	1		
528	nombre de contrôleurs par train, unité triple	[#]	1	1	1		
<b>Conducteurs et contrôleurs</b>							
533	nombre de conducteurs tuteurs (Lehrloführer)	[#]	1,0	1,0	1,0		
534	salaires annuels avec primes (revenu brut imposable)	[a]	52.565	48.502	48.502	2010	P11: Eis
536	conducteur	[#]					
537	salaires annuels avec primes (revenu brut imposable)	[a]	42.052	38.802	38.802	2010	P11: Eis calculés sur la base des heures de roulement, arrondi vers le haut à 0
538	part de temps hors conduite commerciale	[%]	40,00%	17,86%	17,86%		
546	contrôleur	[#]					
547	salaires annuels avec primes (revenu brut imposable)	[a]	33.642	31.042	31.042	2010	P11: Eis calculés sur la base des heures de roulement, arrondi vers le haut à 0
548	part de temps hors conduite commerciale	[%]	36,00%	17,86%	17,86%		
<b>Locaux du personnel</b>							
555	locaux du personnel nécessaires par employé	[qm]	2	2	2		
556	équipement des locaux du personnel	[Euro/qm]	100	100	100	2010	A01: Vi Investissements: meubles, sanitaires etc.
557	entretien des locaux du personnel	[Euro/a]	10	10	10	2010	A01: Vi chauffage, électricité, eau
<b>Surfaces de bureau</b>							
560	nombre par conducteur+accompagnateur	[#]	0,10	0,10	0,10		
561	nombre par conducteur de réserve	[#]	1,00	1,00	1,00		
563	surface nécessaire par poste de travail	[qm]	10	6	6		
564	équipement par poste de travail	[Euro]	3.000	3.000	3.000	2010	A01: Vi Investissements: meubles, informatique etc.
565	entretien par poste de travail	[Euro/a]	1.500	1.500	1.500	2010	A01: Vi téléphone, support en informatique, chauffage, électricité, eau
<b>Autres</b>							
568	coût des vêtements de service annuels, conducteur	[Euro/a]	300,00	300,00	300,00	2010	A01: Vi
569	coût des vêtements de service annuels, personnel d'accompagnement	[Euro/a]	500,00	500,00	500,00	2010	A01: Vi
570	nettoyage des vêtements de service annuels, employée	[Euro/a]	400,00	400,00	400,00	2010	A01: Vi
<b>Evolution de la productivité du personnel équipage</b>							
573	Productivité du personnel équipage, début de la convention	[%]	100,00%	100,00%	100,00%		
574	Productivité du personnel équipage, fin de la convention	[%]	100,00%	100,00%	100,00%		
<b>Entretien</b>							
		général	scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	indice Sources et date, remarques
<b>Personnel de l'atelier</b>							
580	chef d'équipe	[#]	5	1	1		
581	salaires annuels (revenu brut imposable)	[a]	75.854	71.743	71.743	2010	P11: Eis SNCF: 3. Quartil; Privé: -10% (5,42 + 4,58)
583	mécanicien/électricien par rame diesel	[#/DMU]	0,80	0,65	0,65		
584	salaires annuels (revenu brut imposable)	[a]	40.499	38.304	38.304	2010	P11: Eis SNCF: 1. Quartil; Privé: -10% (5,42 + 4,58)
589	quota des apprentis par employé	[#]	-	-	-		
590	salaires annuels (revenu brut imposable)	[a]	-	-	-	2007	P11: Eis http://costkiller.net/salaires/salaires-RATP-Salaires-Remunerations.htm
<b>Locaux du personnel</b>							
604	locaux du personnel nécessaires par employé	[qm]	5	5	5		
605	équipement des locaux du personnel	[Euro/qm]	100	100	100	2010	A01: Vi Investissements: meubles, sanitaires etc.
606	livraison des locaux	[tt.mm.jjjj]	01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
607	durée de l'utilisation de l'équipement	[a]	8	8	8		
608	entretien des locaux du personnel	[Euro/qm/a]	10	10	10	2010	A01: Vi chauffage, électricité, eau
<b>Surfaces de bureau</b>							
611	nombre par chef d'équipe	[#]	1,00	1,00	1,00		
612	nombre par employé	[#]	0,20	0,20	0,20		
614	surface nécessaire par poste de travail	[qm]	10	6	6		
615	équipement par poste de travail	[Euro]	3.000	3.000	3.000	2010	A01: Vi Investissements: meubles, informatique etc.
616	livraison des locaux	[tt.mm.jjjj]	01.01.2010	01.01.2010	01.01.2010		
617	durée de l'utilisation de l'équipement	[a]	5	5	5		
618	entretien par poste de travail	[Euro/a]	1.500	1.500	1.500	2010	A01: Vi téléphone, support en informatique, chauffage, électricité, eau
<b>Autres</b>							
621	coût des vêtements de service annuels	[Euro/a]	200	200	200	2010	A01: Vi
622	nettoyage des vêtements de service annuels	[Euro/a]	400	400	400	2010	A01: Vi

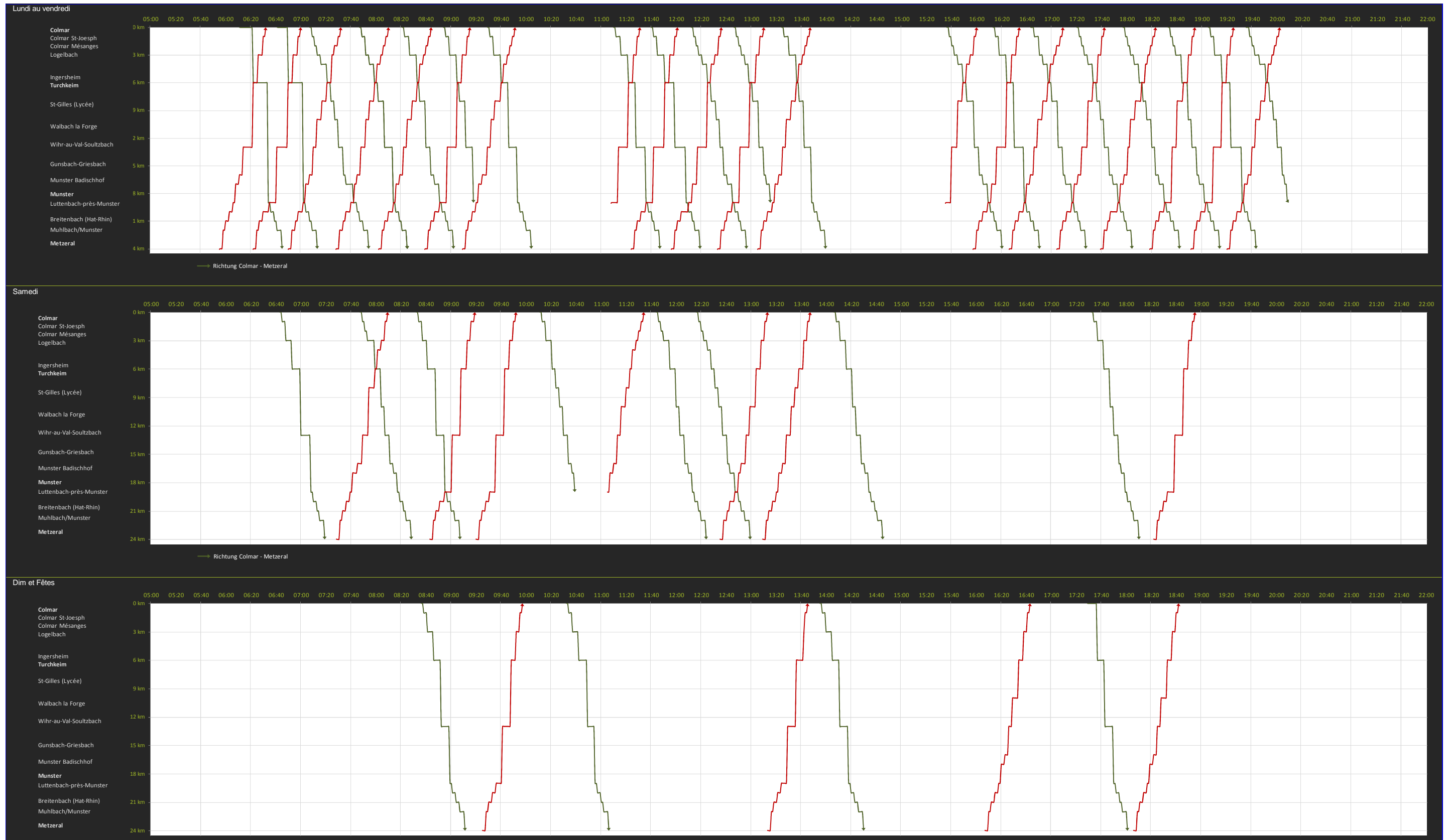
## A5.4. TABLEAU DES VALEURS D'ENTREE DU MODELE (4)

Evolution de la productivité du personnel atelier							
625	Productivité du personnel atelier, début de la convention	[%]	100,00%	100,00%	100,00%		
626	Productivité du personnel atelier, fin de la convention	[%]	100,00%	100,00%	100,00%		
Nettoyage							
	général		scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	Indice
631	quota surfaces du véhicule brut/net	[%]	95,00%	95,00%	95,00%		
Fréquences nettoyage							
634	niveau 1 - balayage, nettoyage dégrossi	[#/a]	330	330	330		
635	niveau 2 - sols et sièges	[#/a]	104	104	104		
636	niveau 3 - nettoyage fin	[#/a]	2	2	2		
637	élimination de graffiti	[#/a]	26	26	26		
638	nettoyage extérieur	[#/a]	52	52	52		
639	vidage des WC, eau fraîche	[#/a]	334	334	334		
Frais de personnel							
642	niveau 1 - balayage, nettoyage dégrossi	[Min./m²]	0,20	0,20	0,20		
643	niveau 2 - sols et sièges	[Min./m²]	0,40	0,40	0,40		
644	niveau 3 - nettoyage fin	[Min./m²]	2,50	2,50	2,50		
645	élimination de graffiti	[Min./m²]	10,00	10,00	10,00		
646	nettoyage extérieur	[Min./Reinigung/Fzg.]	30,00	30,00	30,00		
647	vidage des WC, eau fraîche	[Min./Reinigung/Fzg.]	10,00	10,00	10,00		
Frais matériels							
650	niveau 1 - balayage, nettoyage dégrossi	[Euro/Reinigung/Fzg.]	-	-	-	2010	A01: Vt
651	niveau 2 - sols et sièges	[Euro/Reinigung/Fzg.]	0,10	0,10	0,10	2010	A01: Vt
652	niveau 3 - nettoyage fin	[Euro/Reinigung/Fzg.]	0,30	0,30	0,30	2010	A01: Vt
653	élimination de graffiti	[Euro/Reinigung/Fzg.]	3,00	3,00	3,00	2010	A01: Vt
654	nettoyage extérieur	[Euro/Reinigung/Fzg.]	1,00	1,00	1,00	2010	A01: Vt
655	vidage des WC, eau fraîche	[Euro/Reinigung/Fzg.]	19,00	19,00	19,00	2010	A01: Vt
Personnel de nettoyage							
658	taux horaire (revenu brut imposable)	[Euro/h]	8,86	8,86	8,86	2010	P14: Ht
SMIC: <a href="http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?ref_id=NA_Tnon0414">http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?ref_id=NA_Tnon0414</a>							
4 Charges de structure							
Frais de personnel							
	général		scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	Indice
Direction							
669	salaires annuels directeurs (revenu brut imposable)	[a]	99.202	88.236	88.236	2010	P11: Es
670	nombre de directeurs	[#]	1	1	1		
672	salaires annuels cadres niveau 2 (revenu brut imposable)	[a]	-	-	-	2010	P11: Es
673	nombre de cadres niveau 2	[#]	-	-	-		
675	salaires annuels employés bureau (revenu brut imposable)	[a]	37.992	33.793	33.793	2010	P11: Es
676	nombre d'employés de bureau (cadres niveau 1/2)	[#]	1	1	1		
Administration							
680	nombre de cadres niveau 3	[#]	3	1	1		
681	salaires annuels (revenu brut imposable)	[a]	54.270	48.271	48.271	2010	P11: Es
683	nombre d'ingénieurs/économistes	[#]	1	1	1		
684	salaires annuels (revenu brut imposable)	[a]	52.673	50.261	50.261	2010	P11: Es
686	nombre d'employés de bureau	[#]	1	1	2		
687	salaires annuels (revenu brut imposable)	[a]	30.394	27.034	27.034	2010	P11: Es
Poste de contrôle							
Sécurité et service							
697	nombre de cadres sécurité et service	[#]	1	1,0	1		
698	salaires annuels (revenu brut imposable)	[Euro/a]	37.992	37.992	37.992	2010	P11: Es
700	nombre d'agents sécurité et service	[#]	2	2,0	3		
701	salaires annuels (revenu brut imposable)	[Euro/a]	16.125	16.125	16.125	2010	P11: Es
SMIC: <a href="http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?ref_id=NA_Tnon0414">http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?ref_id=NA_Tnon0414</a>							
Frais matériels							
	général		scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	Indice
Locaux de personnel							
714	locaux du personnel nécessaires par employé	[qm]	5	5	5		
715	équipement des locaux du personnel	[Euro/qm]	100	100	100	2010	A01: Vt
716	entretien des locaux du personnel	[Euro/a]	10	10	10	2010	A01: Vt
Investissements: meubles, sanitaires etc. chauffage, électricité, eau							
Surfaces de bureau							
719	nombre par employé administration	[#]	1,00	1,00	1,00		
720	nombre par employé sécurité et service	[#]	0,20	0,20	0,20		
722	surface nécessaire par poste de travail, employé	[qm]	10	6	6		
723	équipement par poste de travail	[Euro]	3.000	3.000	3.000	2010	A01: Vt
724	entretien annuel par poste de travail	[Euro/a]	1.500	1.500	1.500	2010	A01: Vt
téléphone, support en informatique, chauffage, électricité, eau							
726	surface nécessaire par poste de travail, cadres	[qm]	25	15	15		
727	équipement par poste de travail	[Euro]	5.000	5.000	5.000	2010	A01: Vt
728	entretien annuel par poste de travail	[Euro/a]	2.500	2.500	2.500	2010	A01: Vt
téléphone, support en informatique, chauffage, électricité, eau							
Autres							
	général		scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	Indice
Vente de billets							
733	part de la distribution par des tiers	[%]	100,00%	100,00%	100,00%		
734	Anteil der Umsätze aus Fremdvertrieb Bar+ZK o Abo	[%]					
735	provision distribution des tiers	[%]	15,00%	15,00%	15,00%		
Autres							
746	charges de structure - groupe	[Euro/a]	50.000	0	0	2010	A01: Vt
Bénéfices							
	général		scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	Indice
751	supplément risque	[%]	0,00%	0,00%	0,00%		
752	taux de bénéfice	[%]	3,00%	6,00%	6,00%		
753	bénéfice sur coût infrastructure?	[ja/nein]	nein	nein	nein		
pourcentage du coût total hors péages et matériel roulant							
pourcentage du coût total hors péages et matériel roulant							
8 Recettes							
Recettes (y compris compensations sociales versés par l'état)							
	général		scénario 1	scénario 2	scénario 3	année de base	Indice
802	recettes par voyageur-km (nein = total recettes en €)		ja	ja	ja		
803	total recettes en €		0	0	0	2009	T01: Eisent Ville Rail & Transport No 517 6.4.2011
805	jours vacances annuels	[#]	83	83	83		
806	jours scolaires annuels	[#]	163	163	163		
807	samedis annuels	[#]	53	53	53		
808	dimanches et fêtes annuels	[#]	66	66	66		
809	Total jours annuels	[#]	365	365	365		
812	recettes par jour, vacances	[Euro]	0,071	0,071	0,071	2010	T01: Es
813	recettes par jour, période scolaire	[Euro]	0,071	0,071	0,071	2010	T01: Es
814	recettes par jour, samedis	[Euro]	0,071	0,071	0,071	2010	T01: Es
815	recettes par jour, dimanches et fêtes	[Euro]	0,071	0,071	0,071	2010	T01: Es
822	recettes secondaires (compensations sociales)	[Euro/a]	522.577	522.577	748.609	2009	A01: Verbraucherpreisindex in Deutschland

# A5.5. HORAIRE COLMAR – METZERAL 2010

Schaltfl		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
Leere Spalten können ausgeblendet werden																																			
Fahrt		3	2	1	2	1	1	2																											
Stammzug		6:11	6:41	7:07	7:47	8:21	8:54	9:29	11:10	11:40	12:12	12:46	13:24	15:36	16:13	16:43	17:20	17:57	18:33	19:05	19:35	6:43	7:47	8:32	8:36	10:11	10:32	11:44	12:16	13:55	14:06	17:29	17:32		
Beginn Umlauf		6:45	7:13	7:54	8:25	9:02	9:18	10:04	11:47	12:19	12:56	13:15	13:59	16:20	16:50	17:27	18:04	18:42	19:14	19:43	20:08	7:19	8:28	9:07	9:11	10:39	11:06	12:24	12:59	14:30	14:45	18:01	18:10		
Ende Umlauf																																			
Kursart	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER		
Fahrzeug 1fach-Tr.	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500			
Fahrzeug 2fach-Tr.	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500	ATER_X73500			
Fahrzeug 3fach-Tr.	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0		
Fahrzeug 4fach-Tr.	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0		
Fahrzeug 5fach-Tr.	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0		
Einheiten	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Traktion	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Verkehrstag	mo_fr	mo_fr	mo_fr	w_sch	w_sch	w_sch	w_sch	w_sch	w_sch	w_sch	w_sch	w_sch	w_sch	mo_fr	mo_fr	mo_fr	mo_fr	mo_fr	mo_fr	mo_fr	mo_fr	sa	sa	sa	so_f	sa	so_f	sa	sa	so_f	sa	so_f	sa		
verfügbare Sitzplätze pro Zug	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160		
Mittlerer Besetzungsgrad	44,6%	44,6%	44,6%	48,0%	48,0%	48,0%	48,0%	48,0%	48,0%	48,0%	48,0%	48,0%	48,0%	44,6%	44,6%	44,6%	44,6%	44,6%	44,6%	44,6%	44,6%	35,0%	35,0%	35,0%	20,0%	35,0%	20,0%	35,0%	35,0%	20,0%	20,0%	35,0%			
Streckenabhängiger Gewichtungsfaktor	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00			
besetzte Sitzplätze pro Zug	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52			
Besetzungsquote	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%			
Leere Zeilen können ausgeblendet werden																																			
Halt	km																																		
Colmar	0,00	6:11	6:41	7:07	7:47	8:21	8:54	9:29	11:10	11:40	12:12	12:46	13:24	15:36	16:13	16:43	17:20	17:57	18:33	19:05	19:35	6:43	7:47	8:32	8:36	10:11	10:32	11:44	12:16	13:55	14:06	17:29	17:32		
Colmar St-Joesph	0,80			7:09	7:49	8:23	8:56	9:31	11:12	11:42	12:14	12:48	13:26	15:38	16:15	16:46	17:22	17:59	18:35	19:07	19:38	6:45	7:49	8:34	8:38	10:13	10:34	11:46	12:18	13:57	14:08				
Colmar Mésanges	0,90			7:11							12:16	12:50		15:40		17:24	18:01	18:37		19:40			7:51				11:48	12:20							
Logebach	1,00			7:13	7:52	8:27	8:59	9:34	11:16	11:45	12:18	12:52	13:30	15:42	16:18	16:50	17:26	18:03	18:39	19:10	19:42	6:48	7:53	8:37	8:41	10:16	10:37	11:50	12:22	14:00	14:11		17:37		
Ingersheim	1,80			7:16	7:55						12:21	12:55		15:45		16:53	17:29	18:06		19:46								12:25							
Turchkeim	1,30			7:21	7:59	8:33	9:05	9:40	11:22	11:51	12:25	12:58	13:36	15:49	16:24	16:57	17:33	18:10	18:44	19:16	19:51	6:53	7:59	8:41	8:46	10:21	10:42	11:55	12:28	14:05	14:16	17:37	17:42		
St-Gilles (Lycée)	1,80			7:24	8:02	8:35	9:07				12:28	13:01	13:38	15:52		17:00	17:36	18:13		19:54							10:24								
Walbach la Forge	2,80			7:27							12:32					17:39	18:16	18:49		19:57							10:27								
Whr-au-Val-Soultzbach	2,30			7:30	8:07	8:40	9:12	9:46	11:28	11:59	12:35	13:06	13:42	15:58	16:30	17:05	17:42	18:20	18:52	19:23	20:00	7:00	8:07	8:48	8:52	10:30	10:49	12:03	12:37	14:11	14:24	17:43	17:50		
Gunsbach-Griesbach	2,80			7:34		8:44					12:38	13:10		16:02		17:09	17:46	18:23	18:56		20:04						12:07	12:41							
Munster Badschhof	1,60			7:36		8:47					12:41	13:12		16:05		17:11	17:49	18:26	18:58		20:06						12:10	12:43							
Munster	1,50	6:34	7:02	7:42	8:14	8:51	9:18	9:53	11:36	12:08	12:45	13:15	13:48	16:09	16:38	17:16	17:53	18:30	19:02	19:32	20:08	7:08	8:17	8:55	8:59	10:39	10:55	12:13	12:47	14:18	14:34	17:50	17:59		
Luttenbach-près-Munster	1,10	6:36	7:04	7:45	8:16	8:53	9:20	9:55	11:38	12:10	12:47		13:50	16:11	16:40	17:18	17:55	18:32	19:05	19:34		7:10	8:19	8:57	9:01	10:57	12:15	12:50	14:20	14:36	17:52	18:01			
Breitenbach (Hat-Rhin)	1,40	6:39	7:07	7:47	8:19	8:56	9:58	11:41	12:13	12:50		13:53	16:14	16:43	17:21	17:58	18:35	19:07	19:37			7:13	8:22	9:00	9:04	11:00	12:18	12:52	14:23	14:39	17:55	18:04			
Mühlbach/Munster	1,30	6:41	7:09	7:50	8:21	8:58	10:50	11:43	12:15	12:52		13:55	16:16	16:46	17:23	18:00	18:38	19:10	19:39			7:15	8:24	9:03	9:07	11:02	12:20	12:55	14:26	14:41	17:57	18:06			
Metzeral	1,80	6:45	7:13	7:54	8:25	9:02	10:04	11:47	12:19	12:56		13:59	16:20	16:50	17:27	18:04	18:42	19:14	19:43			7:19	8:28	9:07	9:11	11:06	12:24	12:59	14:30	14:45	18:01	18:10			

## A5.6. HORAIRE COLMAR – METZERAL 2010 / GRAPHIQUE



# A5.7. HORAIRES COLMAR – METZERAL ENTIEREMENT CADENCEE

Linie 1: 1  
Schaltfläch

Leere Spalten können ausgeblendet werden

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Fahrt																							
Stammzug																							
Beginn Umlauf	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	10:00	11:00	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	15:00	16:00	16:30	16:14	17:30	18:00	18:30	19:00	21:00	23:00	
Ende Umlauf	7:35	8:05	8:35	9:05	9:35	10:35	11:35	12:35	13:05	13:35	14:05	14:35	15:35	16:35	17:05	17:35	18:05	18:35	19:05	19:35	21:35	23:35	
Kursart	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	
Fahrzeug	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	
Fahrzeug	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	
Fahrzeug	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	
Fahrzeug	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	
Fahrzeug	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	
"Einheiten"	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Traktion	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Verkehrstag	Mo_Sa	Mo_Sa	Mo_Sa	Mo_Sa	Mo_Sa	täglich	täglich	täglich	Mo_Sa	täglich	Mo_Sa	täglich	Mo_Sa	täglich	Mo_Sa	Mo_Sa	Mo_Sa	täglich	Mo_Sa	täglich	Mo_Sa	Mo_Sa	
verfügbare Sitzplätze pro Zug	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	
Mittlerer Besetzungsgrad	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	
Streckenabhängiger Gewichtungsfaktor	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
besetzte Sitzplätze pro Zug	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	
Begleitquote	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Leere Zeilen können ausgeblendet werden

Halt	km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Colmar	0,00	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	10:00	11:00	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	15:00	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	21:00	23:00
Colmar St-Joesph	0,80	7:02	7:32	8:02	8:32	9:02	10:02	11:02	12:02	12:32	13:02	13:32	14:02	15:02	16:02	16:32	17:02	17:32	18:02	18:32	19:02	21:02	23:02
Colmar Mésanges	0,90	7:04	7:34	8:04	8:34	9:04	10:04	11:04	12:04	12:34	13:04	13:34	14:04	15:04	16:04	16:34	17:04	17:34	18:04	18:34	19:04	21:04	23:04
Logebach	1,00	7:06	7:36	8:06	8:36	9:06	10:06	11:06	12:06	12:36	13:06	13:36	14:06	15:06	16:06	16:36	17:06	17:36	18:06	18:36	19:06	21:06	23:06
Ingersheim	1,80	7:09	7:39	8:09	8:39	9:09	10:09	11:09	12:09	12:39	13:09	13:39	14:09	15:09	16:09	16:39	17:09	17:39	18:09	18:39	19:09	21:09	23:09
Turchkeim	1,30	7:12	7:42	8:12	8:42	9:12	10:12	11:12	12:12	12:42	13:12	13:42	14:12	15:12	16:12	16:42	17:12	17:42	18:12	18:42	19:12	21:12	23:12
St-Gilles (Lycée)	1,80	7:14	7:44	8:14	8:44	9:14	10:14	11:14	12:14	12:44	13:14	13:44	14:14	15:14	16:14	16:44	17:14	17:44	18:14	18:44	19:14	21:14	23:14
Wabach la Forge	2,80	7:17	7:47	8:17	8:47	9:17	10:17	11:17	12:17	12:47	13:17	13:47	14:17	15:17	16:17	16:47	17:17	17:47	18:17	18:47	19:17	21:17	23:17
Whr-au-Val-Soultzbach	2,30	7:19	7:49	8:19	8:49	9:19	10:19	11:19	12:19	12:49	13:19	13:49	14:19	15:19	16:19	16:49	17:19	17:49	18:19	18:49	19:19	21:19	23:19
Gunsbach-Griesbach	2,80	7:22	7:52	8:22	8:52	9:22	10:22	11:22	12:22	12:52	13:22	13:52	14:22	15:22	16:22	16:52	17:22	17:52	18:22	18:52	19:22	21:22	23:22
Munster Badischhof	1,60	7:24	7:54	8:24	8:54	9:24	10:24	11:24	12:24	12:54	13:24	13:54	14:24	15:24	16:24	16:54	17:24	17:54	18:24	18:54	19:24	21:24	23:24
Munster	1,50	7:27	7:57	8:27	8:57	9:27	10:27	11:27	12:27	12:57	13:27	13:57	14:27	15:27	16:27	16:57	17:27	17:57	18:27	18:57	19:27	21:27	23:27
Luttenbach-près-Munster	1,10	7:29	7:59	8:29	8:59	9:29	10:29	11:29	12:29	12:59	13:29	13:59	14:29	15:29	16:29	16:59	17:29	17:59	18:29	18:59	19:29	21:29	23:29
Breitenbach (Hdt-Rhin)	1,40	7:31	8:01	8:31	9:01	9:31	10:31	11:31	12:31	13:01	13:31	14:01	14:31	15:31	16:31	17:01	17:31	18:01	18:31	19:01	19:31	21:31	23:31
Mühlbach/Munster	1,30	7:33	8:03	8:33	9:03	9:33	10:33	11:33	12:33	13:03	13:33	14:03	14:33	15:33	16:33	17:03	17:33	18:03	18:33	19:03	19:33	21:33	23:33
Metzeral	1,80	7:35	8:05	8:35	9:05	9:35	10:35	11:35	12:35	13:05	13:35	14:05	14:35	15:35	16:35	17:05	17:35	18:05	18:35	19:05	19:35	21:35	23:35

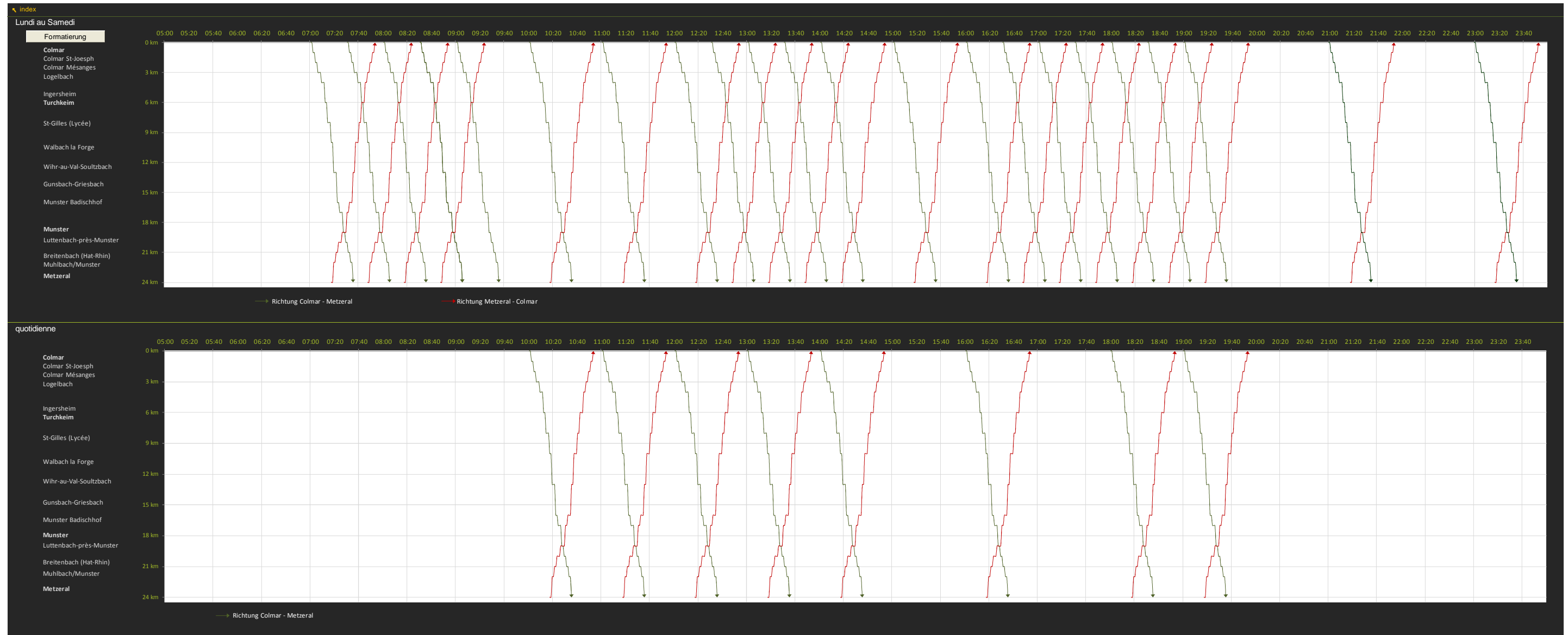
Linie 1: 1  
von Metzeral nach Colmar

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Fahrt																							
Stammzug																							
Beginn Umlauf	7:17	7:47	8:17	8:47	10:17	11:17	12:17	12:47	13:17	13:47	14:17	15:17	16:17	16:47	17:17	17:47	18:17	18:47	19:17	21:17	23:17	0:00	
Ende Umlauf	7:53	8:23	8:53	9:23	10:53	11:53	12:53	13:23	13:53	14:23	14:53	15:53	16:53	17:23	17:53	18:23	18:53	19:23	19:53	21:53	23:53	0:00	
Kursart	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	TER	
Fahrzeug	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	
Fahrzeug	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	ATER_X7350	
Fahrzeug	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	
Fahrzeug	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	
Fahrzeug	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	keines_0	
"Einheiten"	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Traktion	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Verkehrstag	Mo_Sa	Mo_Sa	Mo_Sa	Mo_Sa	täglich	täglich	täglich	Mo_Sa	täglich	Mo_Sa	täglich	Mo_Sa	täglich	Mo_Sa	Mo_Sa	Mo_Sa	täglich	Mo_Sa	täglich	Mo_Sa	Mo_Sa		
verfügbare Sitzplätze pro Zug	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	
Mittlerer Besetzungsgrad	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	65,6%	#NV	
Streckenabhängiger Gewichtungsfaktor	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	#NV	
besetzte Sitzplätze pro Zug	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	50,7958	
Begleitquote	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Leere Zeilen können ausgeblendet werden

Halt	km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Metzeral	0	7:17	7:47	8:17	8:47	10:17	11:17	12:17	12:47	13:17	13:47	14:17	15:17	16:17	16:47	17:17	17:47	18:17	18:47	19:17	21:17	23:17	
Mühlbach/Munster	1,8	7:19	7:49	8:19	8:49																		

## A5.8. HORAIRE COLMAR – METZERAL ENTIEREMENT CADENCEE / GRAPHIQUE



## A5.9. RESULTATS DU MODELE D'ESTIMATION DES COUTS, PENDANT LA PERIODE DU CONTRAT

### Modèle d'estimation de coût - aperçu des résultats

#### Modèle KCW de coût estimé dans le transport ferroviaire régional de voyageurs

réalisation D. Günthel, kcw GmbH, Berlin  
pour Prédit  
Modèle version 5.0, date: 28/04/2011  
finalisé le 24/02/2012

#### Chiffres clés / Valeurs de référence

		scénario 1		scénario 2		scénario 3	
<b>Valeurs de référence</b>							
Durée de la convention	[années]	10		10		10	
année de base des prix		2010		2010		2010	
taux d'escompte		2,55%		2,55%		2,55%	
<b>Matériel roulant</b>							
rames / unités		6 x ATER_X73500_1		6 x ATER_X73500_1		6 x ATER_X73500_1	
rames / unités		0 x		0 x		0 x	
rames / unités		0 x		0 x		x	
rames / unités		0 x		0 x		x	
<b>Volumes</b>							
train-km convention		2.337.000		2.337.000		3.440.000	
train-km annuels		234.000		234.000		344.000	
voyageurs-km convention	[1.000 v-km]	122.000		122.000		175.000	
voyageurs-km annuels	[1.000 v-km]	12.000		12.000		17.000	
<b>Investissements</b>							
investissement matériel roulant		11.250.000		11.250.000		11.250.000	
investissement équipement des véhicules		0		0		0	
investissement ateliers - part affecté à la ligne		880.000		1.264.000		1.264.000	
investissements divers		50.000		41.000		49.000	
investissements de remplacement courant		0		0		0	
<b>Total</b>		<b>12.180.000</b>	<b>5,21</b>	<b>12.555.000</b>	<b>5,37</b>	<b>12.563.000</b>	<b>3,65</b>
<b>Financement</b>							
conditions de financement assumés		conditions du crédit communal		conditions du crédit communal		conditions du crédit communal	
<b>Personnel</b>							
atelier		7		6		6	
nettoyage		3		2		2	
conducteurs et personnel d'accompagnement		22		15		20	
administration, service clientèle		10		8		10	
<b>Total</b>		<b>42</b>		<b>31</b>		<b>38</b>	
<b>heures productives des conducteurs</b>		<b>732,2</b>		<b>1.158,5</b>		<b>1.158,5</b>	

#### Résultat pour la période du contrat (valeurs actuels)

<b>Matériel roulant</b>										
mise à disposition du matériel roulant		3.161.000	1,35	7,5%	3.161.000	1,35	9,7%	3.161.000	0,92	7,8%
financement du matériel roulant		5.190.000	2,22	12,3%	5.190.000	2,22	15,9%	5.190.000	1,51	12,9%
coût d'exploitation du matériel roulant		1.353.000	0,58	3,2%	1.353.000	0,58	4,2%	1.353.000	0,39	3,4%
investissements de remplacement courant du matériel roulant		816.000	0,35	1,9%	816.000	0,35	2,5%	816.000	0,24	2,0%
valeur comptable à la fin du contrat		0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%
		-4.198.000	-1,80	-10,0%	-4.198.000	-1,80	-12,9%	-4.198.000	-1,22	-10,4%
<b>Atelier</b>										
mise à disposition de l'atelier		7.287.000	3,12	17,3%	6.443.000	2,76	19,8%	6.456.000	1,88	16,0%
financement de l'atelier		914.000	0,39	2,2%	1.353.000	0,58	4,2%	1.353.000	0,39	3,4%
frais de personnel atelier		24.000	0,01	0,1%	27.000	0,01	0,1%	27.000	0,01	0,1%
frais matériels atelier		5.020.000	2,15	11,9%	3.816.000	1,63	11,7%	3.816.000	1,11	9,5%
investissements de remplacement courant atelier		1.705.000	0,73	4,0%	1.659.000	0,71	5,1%	1.672.000	0,49	4,1%
valeur comptable à la fin du contrat		0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%
		-376.000	-0,16	-0,9%	-412.000	-0,18	-1,3%	-412.000	-0,12	-1,0%
<b>Infrastructure</b>										
prix des sillons		7.693.000	3,29	18,2%	6.769.000	2,90	20,8%	9.657.000	2,81	24,0%
prix des arrêts en gare		4.463.000	1,91	10,6%	3.539.000	1,51	10,9%	5.153.000	1,50	12,8%
redevance d'accès RFF (forfait, non intégrée dans le modèle)		3.230.000	1,38	7,7%	3.230.000	1,38	9,9%	4.504.000	1,31	11,2%
<b>Energie</b>										
coût de l'énergie		2.334.000	1,00	5,5%	2.334.000	1,00	7,2%	3.598.000	1,05	8,9%
<b>conducteurs et personnel d'accompagnement</b>										
frais de personnel		13.231.000	5,66	31,4%	8.056.000	3,45	24,7%	10.698.000	3,11	26,5%
frais matériels		12.772.000	5,46	30,3%	7.692.000	3,29	23,6%	10.204.000	2,97	25,3%
		459.000	0,20	1,1%	364.000	0,16	1,1%	494.000	0,14	1,2%
<b>centre de coordination de l'exploitation</b>										
centre de coordination de l'exploitation		0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%
<b>Service clientèle</b>										
frais de personnel		1.265.000	0,54	3,0%	1.090.000	0,47	3,3%	1.363.000	0,40	3,4%
frais matériels		0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%
surveillance et sécurité		0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%
		1.265.000	0,54	3,0%	1.090.000	0,47	3,3%	1.363.000	0,40	3,4%
<b>Charges de structure</b>										
frais de personnel		6.359.000	2,72	15,1%	3.501.000	1,50	10,7%	3.894.000	1,13	9,7%
frais matériels		5.745.000	2,46	13,6%	3.371.000	1,44	10,3%	3.739.000	1,09	9,3%
investissements de remplacement courant		494.000	0,21	1,2%	44.000	0,02	0,1%	47.000	0,01	0,1%
assurances		0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%
		120.000	0,05	0,3%	86.000	0,04	0,3%	108.000	0,03	0,3%
<b>Marge opérationnelle</b>										
pénalités		858.000	0,37	2,0%	1.245.000	0,53	3,8%	1.474.000	0,43	3,7%
risque		0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%
bénéfice		0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%
		858.000	0,37	2,0%	1.245.000	0,53	3,8%	1.474.000	0,43	3,7%
<b>Total coût</b>										
		<b>42.188.000</b>	<b>18,05</b>	<b>100,0%</b>	<b>32.599.000</b>	<b>13,95</b>	<b>100,0%</b>	<b>40.301.000</b>	<b>11,71</b>	<b>100,0%</b>
recettes voyageurs nets (après déduction des frais de vente)		7.400.000	3,17	17,5%	7.400.000	3,17	22,7%	10.794.000	3,14	26,8%
recettes secondaires (compensations sociales)		5.273.000	2,26	12,5%	5.273.000	2,26	16,2%	7.553.000	2,20	18,7%
valeurs comptables à la fin du contrat		0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%	0	0,00	0,0%
<b>Total recettes</b>										
		<b>12.673.000</b>	<b>5,42</b>	<b>30,0%</b>	<b>12.673.000</b>	<b>5,42</b>	<b>38,9%</b>	<b>18.347.000</b>	<b>5,33</b>	<b>45,5%</b>
<b>Subvention</b>										
		<b>29.515.000</b>	<b>12,63</b>	<b>70,0%</b>	<b>19.926.000</b>	<b>8,53</b>	<b>61,1%</b>	<b>21.954.000</b>	<b>6,38</b>	<b>54,5%</b>

## A5.10. RESULTATS DU MODELE D'ESTIMATION DES COUTS ANNUALISES

### Modèle d'estimation de coût - aperçu des résultats

#### Modèle KCW de coût estimé dans le transport ferroviaire régional de voyageurs

réalisation D. Günthel, kcw GmbH, Berlin  
pour Prédit  
Modèle version 5.0, date: 28/04/2011  
finalisé le 24/02/2012

#### Chiffres clés / Valeurs de référence

	scénario 1	scénario 2	scénario 3
<b>Valeurs de référence</b>			
Durée de la convention [années]	10	10	10
année de base des prix	2010	2010	2010
taux d'escompte	2,55%	2,55%	2,55%
<b>Matériel roulant</b>			
rames / unités	6 x ATER_X73500_1	6 x ATER_X73500_1	6 x ATER_X73500_1
rames / unités	0 x	0 x	0 x
rames / unités	0 x	0 x	x
rames / unités	0 x	0 x	x
<b>Volumes</b>			
train-km convention	2.337.000	2.337.000	3.440.000
train-km annuels	234.000	234.000	344.000
voyageurs-km convention [1.000 v-km]	122.000	122.000	175.000
voyageurs-km annuels [1.000 v-km]	12.000	12.000	17.000
<b>Investissements</b>			
investissement matériel roulant	11.250.000	11.250.000	11.250.000
investissement équipement des véhicules	0	0	0
investissement ateliers - part affecté à la ligne	880.000	1.264.000	1.264.000
investissements divers	50.000	41.000	49.000
investissements de remplacement courant	0	0	0
<b>Total</b>	<b>12.180.000</b>	<b>12.555.000</b>	<b>12.563.000</b>
	<b>5,21</b>	<b>5,37</b>	<b>3,65</b>
<b>Financement</b>			
conditions de financement assumés	conditions du crédit communal	conditions du crédit communal	conditions du crédit communal
<b>Personnel</b>			
atelier	7	6	6
nettoyage	3	2	2
conducteurs et personnel d'accompagnement	22	15	20
administration, service clientèle	10	8	10
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>31</b>	<b>38</b>
<b>heures productives des conducteurs</b>	<b>732,2</b>	<b>1.158,5</b>	<b>1.158,5</b>
<b>Subvention</b>	<b>29.515.000</b>	<b>19.926.000</b>	<b>21.954.000</b>
	<b>12,63</b>	<b>8,53</b>	<b>6,38</b>
	<b>70,0%</b>	<b>61,1%</b>	<b>54,5%</b>

#### Résultat annuel (valeurs actuelles, moyenne)

	scénario 1	scénario 2	scénario 3
<b>Matériel roulant</b>			
mise à disposition du matériel roulant	519.000	519.000	519.000
financement du matériel roulant	135.000	135.000	135.000
coût d'exploitation du matériel roulant	82.000	82.000	82.000
investissements de remplacement courant du matériel roulant	0	0	0
valeur comptable à la fin du contrat	-420.000	-420.000	-420.000
	<b>1,35</b>	<b>1,35</b>	<b>0,92</b>
	<b>7,5%</b>	<b>9,7%</b>	<b>7,8%</b>
<b>Atelier et maintenance</b>			
mise à disposition de l'atelier	91.000	135.000	135.000
financement de l'atelier	2.000	3.000	3.000
frais de personnel atelier	502.000	382.000	382.000
frais matériels atelier	171.000	166.000	167.000
investissements de remplacement courant atelier	0	0	0
valeur comptable à la fin du contrat	-38.000	-41.000	-41.000
	<b>3,12</b>	<b>2,76</b>	<b>1,88</b>
	<b>17,3%</b>	<b>19,8%</b>	<b>16,0%</b>
<b>Infrastructure</b>			
redevance de réservation	446.000	354.000	515.000
redevance de circulation	323.000	323.000	450.000
redevance d'accès RFF (forfait, non intégrée dans le modèle)	0	0	0
	<b>3,29</b>	<b>2,90</b>	<b>2,81</b>
	<b>18,2%</b>	<b>20,8%</b>	<b>24,0%</b>
<b>Energie</b>			
coût de l'énergie	233.000	233.000	360.000
	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,05</b>
	<b>5,5%</b>	<b>7,2%</b>	<b>8,9%</b>
<b>Conducteurs et personnel d'accompagnement</b>			
frais de personnel	1.277.000	769.000	1.020.000
frais matériels	46.000	36.000	49.000
	<b>5,66</b>	<b>3,45</b>	<b>3,11</b>
	<b>31,4%</b>	<b>24,7%</b>	<b>26,5%</b>
<b>Centre de disposition</b>			
Centre de disposition	0	0	0
	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>
<b>Surveillance et sécurité</b>			
frais de personnel	0	0	0
frais matériels	0	0	0
surveillance et sécurité	127.000	109.000	136.000
	<b>0,54</b>	<b>0,47</b>	<b>0,40</b>
	<b>3,0%</b>	<b>3,3%</b>	<b>3,4%</b>
<b>Charges de structure</b>			
frais de personnel	575.000	337.000	374.000
frais matériels	49.000	4.000	5.000
investissements de remplacement courant	0	0	0
assurances	12.000	9.000	11.000
	<b>2,72</b>	<b>1,50</b>	<b>1,13</b>
	<b>15,1%</b>	<b>10,7%</b>	<b>9,7%</b>
<b>Marge opérationnelle</b>			
pénalités	0	0	0
risque	0	0	0
bénéfice	86.000	125.000	147.000
	<b>0,37</b>	<b>0,53</b>	<b>0,43</b>
	<b>2,0%</b>	<b>3,8%</b>	<b>3,7%</b>
<b>Total coût</b>	<b>4.219.000</b>	<b>3.260.000</b>	<b>4.030.000</b>
	<b>18,05</b>	<b>13,95</b>	<b>11,71</b>
	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>
recettes voyageurs nets (après déduction des frais de vente)	740.000	740.000	1.079.000
recettes secondaires (compensations sociales)	527.000	527.000	755.000
valeurs comptables à la fin du contrat	0	0	0
	<b>5,42</b>	<b>5,42</b>	<b>5,33</b>
	<b>30,0%</b>	<b>38,9%</b>	<b>45,5%</b>
<b>Total recettes</b>	<b>1.267.000</b>	<b>1.267.000</b>	<b>1.835.000</b>
<b>Subvention</b>	<b>2.952.000</b>	<b>1.993.000</b>	<b>2.195.000</b>
	<b>12,63</b>	<b>8,53</b>	<b>6,38</b>
	<b>70,0%</b>	<b>61,1%</b>	<b>54,5%</b>

Impact de l'ouverture à la concurrence dans le transport régional ferroviaire de voyageurs sur la consommation d'énergie et sur les émissions de carbone.



## **BIBLIOGRAPHIE (PAR ORDRE CHRONOLOGIQUE INVERSE)**

- La privatisation de certaines lignes de la SNCF se précise. Challenges, 2 novembre 2011.
- Les usagers, le grand public français et les transports ferroviaires régionaux. Enquête Ipsos pour l'Association des Régions de France, septembre 2011.
- Les Français et le train. Les assises du transport ferroviaire. Enquête Ifop pour le MEDDTL, septembre 2011.
- Pour une nouvelle étape de décentralisation ferroviaire. Gilles Savary, GILLESSAVARY EUROCONSEILS, 20 mai 2011.
- Conditions pour une expérimentation portant sur l'ouverture à la concurrence des services de transports ferroviaires régionaux de voyageurs. Francis Grignon, le 18 mai 2011
- Trains express régionaux, faites entrer la concurrence. Christian Arnault, Philippe François, Sandrine Gorreri et Henri Plisson. Société civile n°113, mai 2011.
- Palmarès des TER 2011. Ville, Rail et Transport n°517, 6 avril 2011.
- Nice-Digne, de nouvelles ambitions. Pascal Grassart. La Vie du Rail, 30 mars 2011.
- Régionalisation ferroviaire: les clés d'un succès. Hubert Haenel, entretien avec Eve-Marie Zizza Lalu, Collection VR&T, mars 2011.
- Veolia, les conquêtes d'un français en Bavière. Patrick Laval. VR&T, 12 janvier 2011.
- Colloque présidé par François-Michel Gonnot et Bernard Soulage "l'ouverture à la concurrence des marchés ferroviaires". Paris, 11 janvier 2011
- Dossier d'évaluation de la politique de développement de l'offre transports express régionaux. SEEIDD, les comptes transports en 2009 (tome 2), décembre 2010.
- Stadt, Land, Schiene. 15 Beispiele erfolgreicher Bahnen im Nahverkehr. Allianz pro Schiene, juin 2010.
- Le transport ferroviaire régional de voyageurs en France: à la lumière de la théorie néo-institutionnaliste et des comptes de surplus. Christian Desmaris, thèse de doctorat, Université Lyon 2 Lumière, 2 avril 2010.
- La SNCF: réformes sociales et rigidités de gestion. Cour des comptes, février 2010.
- Le transfert aux régions du transport express régional: un bilan mitigé et des évolutions à poursuivre. Cour des comptes, 25 novembre 2009.
- La tarification d'infrastructure ferroviaire en France: de la théorie économique à la pratique. Alain Sauvart, la Revue du CGDD, novembre 2009.
- Mettre en adéquation l'efficacité économique des services de transports publics régionaux et les besoins de déplacement des habitants. Axel Granier, master professionnel ENTPE, 2009.
- Concurrence ferroviaire: la France peut-elle gagner ? Jean-Claude Favin Lévêque, Editions lignes de repères, octobre 2009.
- Le transport régional en Allemagne. La performance par l'ouverture. RFF, lignes d'avenir n°6,

juin 2009.

La décentralisation des transports ferroviaires. Laure Gauthier-Lescop. Actualité Juridique Droit Administratif, 25 mai 2009, pages 1033 à 1037.

Wettbewerber-Report Eisenbahn 2008/2009. KCW, Mofair, Netzwerk Privatbahnen, BAGSPVN, Berlin, mai 2009.

Efficacités énergétique et environnementale des modes de transports. Synthèse publique. Deloitte, ADEME, 30 janvier 2008.

Les contributions publiques au financement des systèmes ferroviaires en France et en Allemagne. Sylvain Séguret et Julien Lévêque. revue Transports n°244, juillet-août 2007, pages 221 à 231.

Abbildung von Infrastrukturkosten in der Eisenbahnbetriebsimulation. Cay Linau. Eurailpress in DVV Media Group, 2007.

Allotissement et rendements d'échelle. Application aux réseaux de transport ferroviaire. Julien Lévêque. Economie et Prévision, n°178-179, avril-mai 2007.

Suburban and Regional Railways Landscape in Europe. ERRAC (European Rail Research Advisory Council), octobre 2006

De la régionalisation à la concurrence régulée. Analyse économique et juridique de la future organisation du transport ferroviaire régional de voyageurs. Laure Gauthier-Lescop et Julien Lévêque. Politique et Management Public, mars 2006, vol. 24, n°1, pages 1 à 28.

L'essor du transport régional de voyageurs. Emmanuel Favre-Bulle. MTETM, SESP. SESP en bref n° 3, janvier 2006.

Réguler les chemins de fer sur une proposition de la nouvelle économie de la réglementation: la "concurrence par comparaison" (yardstick competition). Julien Lévêque, thèse de doctorat, Université Lyon 2 Lumière, 5 décembre 2005.

Aides publiques au transport régional de voyageurs. Emmanuel Favre-Bulle. Notes de synthèses du SES n°155, septembre-octobre 2004

Reaktivierungen im Schienenpersonennahverkehr. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Hestra-Verlag, 1997.

Expertise des relations financières futures entre les Régions et la SNCF. KPMG pour ANER, DTT et SNCF, 26 février 1996.

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1	Cercle vertueux de l'ouverture	8
Figure 2	Prix moyen du train x km en 2009 et en 2010	16
Figure 3	Prix du train x km en 2009 selon les Régions	17
Figure 4	Evolution de la subvention d'équilibre entre 2002 et 2010	18
Figure 5	Estimation du prix du train x km, sans et avec péage, évolution 2002-2010	19
Figure 6	Facture détaillée présentée par la SNCF à la région Centre pour l'année 2004	21
Figure 7	Ventilation des charges présentées par la SNCF à la région Centre en 2004	22
Figure 8	Estimation des coûts par unité d'œuvre en 2004	25
Figure 9	Prix du litre de carburant en 2004	29
Figure 10	Evolution des prix et des indices de 2004 à 2010	30
Figure 11	Calcul les coefficients d'augmentation de 2004 à 2010, poste par poste	31
Figure 12	Passage du prix kilométrique de 2004 au prix kilométrique de 2010	32
Figure 13	Estimation du coût des unités d'œuvre pour le TRF en 2010	33
Figure 14	Nombre de trains x km selon les périodes horaires	34
Figure 15	Impact sur le coût kilométrique de quatre mesures de réductions des charges	40
Figure 16	Charges fixes ne relevant pas du transporteur	41
Figure 17	Calcul du nombre de trains x km pouvant être produits à budget donné	47
Figure 18	Calcul de l'élasticité de la demande à l'offre sur courte période	48
Figure 19	Calcul de l'élasticité de la demande à l'offre sur longue période	48
Figure 20	Elasticités du trafic à l'offre, au PIB et au prix du carburant	49
Figure 21	Cercle vertueux, scénario -10%	51
Figure 22	Cercle vertueux, scénario -30%	52
Figure 23	Comparaison des deux scénarios du point de vue de l'offre et de la demande	53
Figure 24	Consommation spécifique moyenne nationale	59
Figure 25	Trafics TER, routiers et ferroviaires	60
Figure 26	Calcul du taux d'occupation des voitures	62
Figure 27	Bilan du point de vue des consommations d'énergie	63
Figure 28	Estimation des émissions de CO <sub>2</sub> du rail pour les déplacements régionaux	65
Figure 29	Estimation des émissions de CO <sub>2</sub> de la voiture pour les déplacements régionaux	66
Figure 30	Bilan du point de vue des émissions de CO <sub>2</sub>	67
Figure 31	Répartition des économies par mise en délégation	83
Figure 32	Répartition des économies par cadencement de l'offre	84
Figure 33	Comparaison des scénarios : matériel roulant	84
Figure 34	Comparaison des scénarios : atelier	85
Figure 35	Comparaison des scénarios : infrastructure	86

Figure 36	Comparaison des scénarios : énergie	87
Figure 37	Comparaison des scénarios : conducteurs et personnel d'accompagnement	88
Figure 38	Comparaison des scénarios : Surveillance et sécurité	89
Figure 39	Comparaison des scénarios charges de structure	89
Figure 40	Comparaison des scénarios marge opérative	90
Figure 41	Coût du TER en Région Alsace	92
Figure 42	Scénario 1, chiffres clés	93
Figure 43	Scénario 1, part relative des composantes du coût	94
Figure 44	Comparaison Colmar-Metzeral à la moyenne régionale	94
Figure 45	Scénario 2, chiffres clés	95
Figure 46	Scénario 2, part relative des composantes du coût	95
Figure 47	Scénario 3, chiffres clés	96
Figure 48	Scénario 3, part relative des composantes du coût	96
Figure 49	Coût, recettes et subvention selon les scénarios	97
Figure 50	Recettes et subvention, selon les scénarios	98
Figure 51	Evolution des composantes du coût	98
Figure 52	Coût, recettes et subvention selon les scénarios, par train.km	100
Figure 53	Comparaison des scénarios : recettes et subvention, par train.km	100
Figure 54	Evolution des composantes du coût, par train.km	101
Figure 55	Impact de l'ouverture sur l'offre et la fréquentation, selon les scénarios	108
Figure 56	Impact de l'ouverture sur la consommation d'énergie et les émissions de carbone, selon les scénarios	109
Figure 57	Résultats principaux de la modélisation	112
Figure 58	Coût des services en attribution directe, non soumis à la concurrence ("grandes conventions" DB-Régions)	116
Figure 59	Coût de l'infrastructure dans le transport régional ferroviaire - en moyenne, estimation pour les différents types de lignes	117
Figure 60	Evolution des moyens financiers dédiés au transport ferroviaire régional	117
Figure 61	Evolution des moyens financiers dédiés au transport ferroviaire régional	118
Figure 62	Volume mis en concurrence	121
Figure 63:	Volume mis en concurrence - par catégorie de train	122
Figure 64	Volume à mettre en concurrence	122
Figure 65	Réduction du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - moyenne	123
Figure 66	Réduction relative du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - moyenne	124
Figure 67	Réduction du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - par catégorie de train	125

Figure 68	Réduction du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - par type de matériel roulant	126
Figure 69	Réduction du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - par volume des appels d'offres	127
Figure 70	Réduction du coût pour l'Autorité Organisatrice des services mis en concurrence - par entreprise gagnante	128
Figure 71	Volume de la DB et des entreprises privées en attribution directe ou par mise en concurrence	129
Figure 72	Cumul du volume attribué par appel d'offre - part relative des entreprises	129
Figure 73	Nombre de groupes actifs sur le marché ferroviaire régional allemand	130
Figure 74	IPC hors tabac	135
Figure 75	Coûts de personnel	138
Figure 76	Energie	138
Figure 77	Kilométrage annuel selon matériel	139
Figure 78	Frais d'entretien selon matériel	140
Figure 79	Coûts du matériel, annuités	140
Figure 80	IFER matériel par matériel	141
Figure 81	Annuité majorée de l'IFER	141
Figure 82	Redevance IFER barème 2010	142
Figure 83	Relation, fréquence, et type de matériel	144
Figure 84	Prix moyen kilométrique	145
Figure 85	Coûts par liaison	146
Figure 86	Coûts par liaison hors redevance	147
Figure 87	Répartition moyenne des coûts	147
Figure 88	Différences entre répartition des coûts	148
Figure 89	Taux de couverture	148
Figure 90	Voies bretonnes au 19ème siècle	151
Figure 91	Réseau Breton	152
Figure 92	Réseau des chemins de fer du Jura	158
Figure 93	Ligne de Tavannes au Noirmont	160
Figure 94	Trucks porteurs à Glovelier	161
Figure 95	Voies en impasse entre Combe-Tabellon et Glovelier	161
Figure 96	Voies entre la Chaux-de-Fond et Glovelier	162
Figure 97	Wagon à bogies	163
Figure 98	Haltes à arrêt facultatif	164
Figure 99	Franchissement du PN	165
Figure 100	Signal d'annonce du PN fermé	166
Figure 101	Automotrice Stadler modèle le plus récent en service sur les CJ	167

Figure 102	Carte du réseau ferré danois	174
Figure 103	Rame diesel IC3 des DBS à cabine escamotable	175
Figure 104	Autorails Desiro d'Arriva en gare de Varde	175
Figure 105	Signal avancé de PN à fermeture conditionnelle	176
Figure 106	Signal à pied d'oeuvre de PN à fermeture conditionnelle	176
Figure 107	Autorail Uerdingen bicaisse	177
Figure 108	L'Odderbane	178
Figure 109	Autorail Desiro des DBS nez à nez	179
Figure 110	Signal d'arrêt aux haltes à disposition des Voyageurs	179
Figure 111	Gare et dépôt à Odder	180
Figure 112	Autorail Uerdingen tricaisse à Odder	182
Figure 113	Le Lemvigbanen	184
Figure 114	Quai de la gare de Vemb	185
Figure 115	En gare de Vemb, appareils de block	185
Figure 116	Distributeur automatique et changeur de devises à bord	185
Figure 117	La gare en cul de sac de Lemvig	185
Figure 118	Le BV de Varde	186
Figure 119	Autorail Uerdingen des Vestbanen	186
Figure 120	Unité de billetterie de Varde	187
Figure 121	Automate de billetterie embarqué	187
Figure 122	Gare VNJ de Norre Nebel	188
Figure 123	Description technique de la ligne Cartagena-Los Nietos	192
Figure 124	Voie principale sur évitement	193
Figure 125	Vue extérieure du dépôt-atelier à Carthagène	194
Figure 126	Signal de BAL en sortie d'évitement	194
Figure 127	Dispositif AFSA en gare de La Unión	195
Figure 128	Gare terminus de Los Nietos	195
Figure 129	Unité série 2600 arrivant en gare de Carthagène	196
Figure 130	Aménagement intérieur d'une unité 2600	197
Figure 131	Intercirculation sur une unité type 2600	197
Figure 132	Unité type 2900	198

## LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ADEME	Agence
AOT	Autorité organisatrice des transports
C	Carbone
CO <sub>2</sub>	Di-oxyde de carbone
DB	Deutsche Bahn
DDG	Direction des gares
DRAG	Droit d'arrêt en gare
DSP	Délégation de service public
DTER	Direction du TER
FNAUT	Fédération nationale des usagers des transports
gep	gramme équivalent pétrole
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
IPC	Indice des prix à la consommation
k€	kilo euros (millier d'euros)
kep	kilogramme équivalent pétrole
kWh	kilo Watt heure
LOADT	Loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire
Loi SRU	Loi relative à la solidarité et au renouvellement urbain
M€	Méga euros (million d'euros)
OITRV	Ordonnance du 11 novembre 2009 sur l'indemnisation du trafic régional de voyageurs
PACA	Provence Alpes Côte d'Azur
PK	Point kilométrique
PLATHEE	Plate-forme pour trains hybrides économes en énergie et respectueux de l'environnement
RATP	Régie autonome des transports parisiens
RB	Régional Bahn (TER omnibus)
RE	Regional Express (TER rapide)
RFF	Réseau ferré de France
RH-0077	Décret précisant la durée du travail à la SNCF

S-Bahn	Stadt-Schnellbahn (RER urbain)
SEMITAG	Société d'économie mixte des transports de l'agglomération de Grenoble
SNCF	Société nationale des chemins de fer français
SPNV	Schienen-Personen-Nahverkehr (transport ferroviaire régional de voyageurs)
SOeS	Service de l'observation et des statistiques (MEDDTL)
tep	tonne équivalent pétrole
TER	Transport express régional
TGV	Train à grande vitesse
TICPE	Taxe intérieure sur la consommation des produits énergétiques
TRF	Transport régional ferroviaire
v.km	voyageur x km
VR&T	Ville, Rail et Transports



<b>TABLE DETAILLEE DES MATIERES</b>
-------------------------------------

<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>1<sup>ère</sup> phase – Impact de l’ouverture sur les coûts d’exploitation facturés aux Régions</b>	<b>13</b>
1.1. ESTIMATION DES COÛTS DE LA SNCF EN TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL...	15
1.1.1. Le prix moyen au train x km.....	16
1.1.1.1 Prix moyen en 2010.....	16
1.1.1.2 Evolution depuis 2002.....	17
1.1.2. Prix au train x km détaillé en 14 postes.....	20
1.1.2.1 Cas de la Région Centre en 2004.....	20
1.1.2.2 Prise en compte des différences régionales.....	23
1.1.3. Estimation des coûts par unité d’œuvre en 2004.....	24
1.1.3.1 Volumes des différentes unités d’œuvre en Région Centre en 2004.....	24
1.1.3.2 Zoom sur les coûts de conduite.....	25
1.1.3.3 Zoom sur les coûts d’accompagnement.....	28
1.1.3.4 Zoom sur les coûts d’énergie thermique.....	28
1.1.3.5 Zoom sur les coûts d’énergie électrique.....	29
1.1.4. Estimations des coûts par unité d’œuvre en 2010 (France entière).....	30
1.1.4.1 Inflateurs multiples.....	30
1.1.4.2 Grille pour l’établissement rapide des devis.....	33
1.2. EXAMEN DES POSSIBILITES DE REDUCTION DES COÛTS DU TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL.....	36
1.2.1 Retours d’expérience.....	36
1.2.2 Estimation de l’impact de certaines mesures sur le coût total.....	39
1.2.3 Construction de scénarios.....	41
1.2.3.1 Réduction « plancher ».....	41
1.2.3.2 Réduction « plafond ».....	42
<b>2<sup>ème</sup> phase – Impact de la réduction des coûts sur la fréquentation du transport ferroviaire</b>	<b>43</b>
2.1 EXAMEN DES POLITIQUES ENVISAGEABLES.....	45
2.1.1 Vue d’ensemble des choix possibles.....	45
2.1.2 Choix d’une mesure unique.....	46
2.2 ESTIMATION DE L’ELASTICITE DE LA DEMANDE A L’OFFRE.....	48
2.2.1 Valeur apparente de l’élasticité.....	48

2.2.2	Valeur de l'élasticité toutes choses égales par ailleurs .....	49
2.3	ESTIMATION DU NOMBRE DE VOYAGEURS x KM SUPPLEMENTAIRES .....	50
2.3.1	Prise en compte de la recette moyenne.....	50
2.3.2	Prise en compte du cercle vertueux .....	51
<b>3<sup>ème</sup></b>	<b>phase – Impact de l'augmentation de la fréquentation du transport ferroviaire sur l'environnement</b>	<b>55</b>
3.1	IMPACT DE L'AUGMENTATION DE LA FREQUENTATION SUR LES CONSOMMATIONS D'ENERGIE.....	57
3.1.1	L'estimation des consommations d'énergie du rail pour les déplacements régionaux .....	58
3.1.1.1	Les consommations spécifiques des trains régionaux .....	58
3.1.1.2	Les consommations unitaires des trains régionaux .....	60
3.1.2	L'estimation des consommations d'énergie de la voiture pour les déplacements régionaux .....	61
3.1.2.1	Consommation spécifique des voitures .....	61
3.1.2.2	Les consommations unitaires des voitures .....	61
3.1.3	Le bilan énergétique résultant du transfert modal .....	63
3.2	IMPACT DE L'AUGMENTATION DE LA FREQUENTATION SUR LES EMISSIONS DE CARBONE .....	64
3.2.1	L'estimation des émissions de CO <sub>2</sub> du rail pour les déplacements régionaux..	64
3.2.1.1.	Les émissions spécifiques (par train x km).....	64
3.2.1.2.	Les émissions unitaires (par v.km) .....	65
3.2.2	L'estimation des émissions de CO <sub>2</sub> de la voiture pour les déplacements régionaux .....	66
3.2.2.1	Les émissions spécifiques.....	66
3.2.2.2	Les émissions unitaires.....	66
3.2.3	Le bilan environnemental du transfert modal.....	67
<b>4<sup>ème</sup></b>	<b>phase – Etude d'un cas : la ligne Colmar – Metzeral</b>	<b>69</b>
4.1	LE MODELE KCW D'ESTIMATION DES COUTS DANS LE TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL DE VOYAGEURS.....	71
4.1.1	Contexte et fonctionnalités du modèle .....	71
4.1.2	Disponibilité des données.....	72
4.2	CHOIX DE LA LIGNE ET SCENARIOS.....	74
4.2.1	La ligne Colmar – Metzeral .....	74
4.2.1.1	Description de la ligne .....	74
4.2.1.2	Choix de la ligne.....	74

4.2.2	Description des scénarios .....	75
4.2.2.1	Caractéristiques générales .....	75
4.2.2.2	Scénario 1 – Récapitulation de la situation actuelle .....	76
4.2.2.3	Scénario 2 – Délégation des services, horaire inchangé.....	76
4.2.2.4	Scénario 3 – Délégation des services, horaire entièrement cadencé.....	76
4.2.2.5	Scénarios non retenus.....	77
4.3	VALEURS D'ENTREE DU MODELE.....	78
4.3.1	Matériel roulant.....	78
4.3.2	Atelier et maintenance .....	78
4.3.3	Infrastructure .....	79
4.3.4	Energie .....	79
4.3.5	Personnel roulant .....	79
4.3.6	Surveillance et sécurité.....	80
4.3.7	Charges de structure.....	80
4.3.8	Marge opérationnelle .....	81
4.3.9	Recettes .....	82
4.4	IMPACT SUR LES DIFFERENTS COMPOSANTES DU COUT .....	83
4.4.1	Répartition des économies selon les différentes composantes du coût .....	83
4.4.1.1	Par mise en délégation : 4,10 €/train.km.....	83
4.4.1.2	Par étalement et cadencement de l'offre : 2,23 €/train.km.....	83
4.4.2	Matériel roulant.....	84
4.4.3	Atelier et maintenance .....	85
4.4.4	Infrastructure .....	86
4.4.5	Energie .....	87
4.4.6	Personnel roulant .....	87
4.4.7	Surveillance et sécurité.....	88
4.4.8	Charges de structure.....	89
4.4.9	Marge opérationnelle .....	90
4.4.10	Recettes .....	91
4.5	IMPACT SUR LE MONTANT DE LA SUBVENTION D'EQUILIBRE.....	92
4.5.1	Le coût du TER en Alsace .....	92
4.5.2	Le coût du TER Colmar – Metzeral selon les scénarios .....	93
4.5.2.1	Scénario 1 – Récapitulation de la situation actuelle .....	93
4.5.2.2	Scénario 2 – Délégation de service public, horaire inchangé .....	94

4.5.2.3 Scénario 3 – Délégation de service public, horaire entièrement cadencé.....	95
4.5.3 Comparaison des scénarios pour la ligne Colmar – Metzeral .....	97
4.5.3.1 Effets des scénarios sur le budget de la région.....	97
4.5.3.2 Effets des scénarios sur le coût unitaire .....	100
4.5.3.3 Influence du niveau des salaires .....	102
<b>Conclusion</b>	<b>103</b>
ETUDE A L'ECHELLE NATIONALE.....	106
Hypothèses retenues .....	107
Résultats obtenus en termes d'offre, de demande, de coûts, de recettes et de subvention .....	107
Résultats obtenus en termes de consommation d'énergie et d'émissions de carbone	109
ETUDE A L'ECHELLE D'UNE LIGNE PRECISE .....	111
<b>A1.Bilan de l'ouverture à la concurrence dans le TRF en Allemagne</b>	<b>113</b>
A1.1. LE MARCHE DU TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL EN ALLEMAGNE.....	115
A1.1.1. L'émergence du marché ferroviaire en Allemagne .....	115
A1.1.2. Montant de la subvention sans mise en concurrence.....	116
A1.1.3. Le financement du transport ferroviaire régional de voyageurs en Allemagne	117
A1.1.4. Obstacles majeurs à la concurrence en Allemagne.....	118
A1.2. LA BASE DE DONNEES KCW DU MARCHE DU TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL EN ALLEMAGNE .....	120
A1.2.1. Contenu de la base de données.....	120
A1.2.2. Contenu des prix indiqués .....	120
A1.3. LES RESULTATS DES APPELS D'OFFRES DANS LE TRANSPORT FERROVIAIRE REGIONAL EN ALLEMAGNE.....	121
A1.3.1. Volume mis en concurrence .....	121
A1.3.2. Variation du montant de la subvention après attribution par mise en concurrence .....	123
A1.3.3. Influences sur les prix .....	124
A1.3.4. Les entreprises dans le marché ferroviaire .....	128
A1.3.5. Bilan	131
<b>A2.Estimation des coûts d'exploitation en France sur quelques relations</b>	<b>133</b>
A2.1. INTRODUCTION .....	135
A2.2. PRECAUTIONS D'USAGE .....	135
A2.3. LES DIFFERENTES CHARGES .....	136

A2.4.	LE MATERIEL ROULANT .....	137
A2.5.	HYPOTHESES RETENUES .....	138
A2.5.1.	Coûts de personnel : conduite et ASCT .....	138
A2.5.2.	Coûts de manœuvre .....	138
A2.5.3.	Coûts d'énergie .....	138
A2.5.4.	Utilisation du matériel .....	139
A2.5.5.	Coûts d'entretien .....	139
A2.5.6.	Coûts de capital .....	140
A2.5.7.	Remplacement de la taxe professionnelle : IFER .....	141
A2.5.8.	Billettique.....	142
A2.5.9.	Redevance RFF (barème 2010).....	142
A2.5.10.	Typologie des lignes TER et choix des origines-destinations.....	142
A2.5.11.	Hypothèses sur la fréquentation et la réduction moyenne.....	144
A2.5.11.1.	Fréquentation des trains.....	144
A2.5.11.2.	Recettes, pourcentage de réduction moyen .....	144
A2.6.	RESULTATS SUR LES COUTS ET LES RECETTES.....	146
<b>A3.</b>	<b>Visites de quelques petits réseaux en Europe</b>	<b>149</b>
A3.1.	SAUVETAGE ET RENOVATION D'UNE EXPLOITATION FERROVIAIRE FRANÇAISE CONDAMNÉE : LE CAS DU RESEAU BRETON .....	151
A3.1.1.	Problématique .....	151
A3.1.1.1.	De la construction aux années 1930 .....	152
A3.1.1.2.	Des années 1930 aux années 1960 .....	152
A3.1.1.3.	Des années 1960 aux années 1990 .....	152
A3.1.1.4.	Des années 1990 à nos jours.....	153
A3.1.2.	L'expérimentation d'exploitation économique et sa mise en place .....	153
A3.1.3.	Conditions techniques, économiques et financières de l'expérimentation....	154
A3.1.4.	Principales données recueillies après un an de mise en service .....	155
A3.1.4.1.	Situation avant le 18 Mai 1990 (valeurs en Francs 1989).....	155
A3.1.4.2.	Situation 12 mois après.....	155
A3.1.5.	Conclusions .....	157
A3.2.	LES CHEMINS DE FER DU JURA (SUISSE).....	158
A3.2.1.	Le choix de la compagnie.....	158
A3.2.2.	Le choix des lignes .....	159
A3.2.3.	Descriptions des lignes à voie métrique .....	159
A3.2.4.	Les installations des lignes à voie métrique .....	163

A3.2.5. Le matériel roulant .....	167
A3.2.6. L'offre .....	168
A3.2.7. Eléments économiques et institutionnels .....	169
A3.2.7.1. Personnel et conditions d'emploi .....	169
A3.2.7.2. Principales données économiques.....	170
A3.2.7.3. Investissements.....	170
A3.2.7.4. Aspects institutionnels .....	170
A3.3. LES CHEMINS DE FER DU SUD ET DU CENTRE DU JUTLAND (DANEMARK).....	172
A3.3.1. Généralités.....	172
A3.3.2. Visites de lignes.....	178
A3.3.2.1. L'Odderbane (1993) .....	178
A3.3.2.2. L'Odderbane (2011) .....	181
A3.3.2.3. Le Lemvigbanen (Vemb-Lemvig-Thyborøn Jernbane) ou VLTJ .....	183
A3.3.2.4. Le Vestbanen .....	185
A3.3.3. Les enseignements danois en termes d'économie d'exploitation ferroviaire	188
A3.4. LE CHEMIN DE FER DE CARTAGENA A LOS NIETOS .....	190
A3.4.1. Présentation.....	190
A3.4.2. Description technique.....	192
A3.4.2.1. La ligne.....	192
A3.4.2.2. La voie.....	193
A3.4.2.3. Le dépôt atelier .....	193
A3.4.2.4. Les passages niveau .....	194
A3.4.2.5. La signalisation .....	194
A3.4.2.6. Les bâtiments .....	195
A3.4.2.7. Le matériel roulant.....	196
A3.4.2.8. L'exploitation.....	198
A3.4.2.9. Le personnel .....	199
A3.5. RECAPITULATIF SUR L'ECONOMIE DES SYSTEMES DE GESTION DES CIRCULATIONS	200
<b>A4. Estimation de la consommation de gazole d'une desserte périurbaine</b>	<b>205</b>
<b>A4.1. DONNEES D'ENTREE ET HYPOTHESES</b>	<b>207</b>
A4.1.1. Points d'arrêt desservis .....	207
A4.1.2. Vitesses et profil .....	207
A4.1.3. Estimation de la masse en ligne d'un X 73500 .....	208
A4.1.4. Estimation de la puissance à la jante d'un X 73500 .....	208

A4.1.5. Performances en accélération .....	208
A4.1.6. Performances en décélération .....	210
A4.1.7. Cas particulier .....	210
A4.1.8. Marche à vitesse maximale .....	211
A4.1.9. Consommations en période de freinage et d'arrêt .....	213
<b>A4.2. ESTIMATIONS DES PUISSANCES ET DES TEMPS</b> .....	<b>214</b>
A4.2.1. Puissances « traction » sens montant .....	214
A4.2.1.1 Interstations de 1 km (V max = 60 km/h).....	214
A4.2.1.2 Interstations de 2 km (V max = 80 km/h).....	214
A4.2.1.3 Interstation de Walbach à Wihr au Val : 3 km (V max = 100 km/h) ...	215
A4.2.1.4 Interstations de Munster à Luttenbach et de Muhlbach à Metzeral : 2 km (V max 60 km/h).....	215
A4.2.2. Puissances « traction » sens descendant .....	216
A4.2.2.1. Interstations de 1 km (V max = 60 km/h).....	216
A4.2.2.2. Interstations de 2 km (V max = 80 km/h).....	216
A4.2.2.3. Interstation de Wihr au Val à Walbach : 3 km (V max = 100 km/h) ...	217
A4.2.2.4. Interstations de Metzeral à Muhlbach et de Luttenbach à Munster : 2 km (V max 60 km/h) .....	217
A4.2.3. Puissances et temps hors traction.....	218
A4.2.4. Consommation pour un trajet de 100 km (soit 2 AR de Colmar à Metzeral)..	219
<b>A5. Tableau des valeurs d'entrée du modèle</b> .....	<b>221</b>
A5.1. TABLEAU DES VALEURS D'ENTREE DU MODELE (1) .....	223
A5.2. TABLEAU DES VALEURS D'ENTREE DU MODELE (2) .....	224
A5.3. TABLEAU DES VALEURS D'ENTREE DU MODELE (3) .....	225
A5.4. TABLEAU DES VALEURS D'ENTREE DU MODELE (4) .....	226
A5.5. HORAIRE COLMAR – METZERAL 2010 .....	227
A5.6. HORAIRE COLMAR – METZERAL 2010 / GRAPHIQUE.....	228
A5.7. HORAIRES COLMAR – METZERAL ENTIEREMENT CADENCEE .....	229
A5.8. HORAIRE COLMAR – METZERAL ENTIEREMENT CADENCEE / GRAPHIQUE .....	230
A5.9. RESULTATS DU MODELE D'ESTIMATION DES COUTS, PENDANT LA PERIODE DU CONTRAT .....	231
A5.10. RESULTATS DU MODELE D'ESTIMATION DES COUTS ANNUALISES .....	232
BIBLIOGRAPHIE (par ordre chronologique inverse) .....	233
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES .....	235
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	239

TABLE DETAILLEE DES MATIERES.....	241
-----------------------------------	-----