

## **Efficacité énergétique et émission de CO<sub>2</sub>, traction des trains**

### **Masterplan Groupe SNCB**

Au sein du Groupe SNCB, le matériel roulant représente en fin de compte 80 % de l'énergie consommée. Rien que pour le mois de **janvier 2009, la facture d'électricité pour la traction s'élevait à 12,4 millions EUR. On n'avait jamais payé autant pour 1 seul mois dans le passé.**

Il est nécessaire de prendre, au-delà des mesures courantes d'augmentation de l'efficacité énergétique des immeubles et autres installations fixes, d'autres mesures afin de réduire la consommation d'énergie spécifique et les émissions de CO<sub>2</sub> imputables aux services de transport.

Offrir un service de trains sûr, de qualité et ponctuel constitue la priorité. D'ailleurs, le transport d'un plus grand nombre de voyageurs et de marchandises par train au lieu de la voiture, du camion ou de l'avion peut mettre un frein à l'augmentation continue de la consommation d'énergie de tous les moyens de transport. Notre ambition n'est pas donc pas une baisse absolue de la consommation d'énergie, mais bien une baisse de la consommation d'énergie spécifique, c'est à dire l'énergie nécessaire par vkm ou tkm presté.

**En 2008, la consommation d'énergie spécifique primaire s'est élevée à : respectivement 1.158 kJ/vkm et 592 kJ/tkm.**

Veillez trouver en annexe le projet de masterplan tel qu'annoncé dans un document soumis au Comité de Direction en juillet 2008 et élaboré en concertation avec le groupe de travail créé à cette fin avec des représentants des directions I-AD, I-R, I-I, I-AR, B-AD, B-TP, B-VN, B-VI et B-MD concernées. En plus des explications, nous soumettons 23 mesures concrètes. En outre, nous distinguons 3 catégories :

- Mesures à caractère surtout organisationnel dont la motivation est intégrée (traitée dans le) au texte ;
- Mesures pour lesquelles une fiche dressée par le service compétent est jointe ;
- Mesures pour lesquelles cette fiche doit encore être finalisée par les services compétents.

Le document ne reprend pas encore d'objectif en vue de l'amélioration de la consommation d'énergie spécifique, mais nous sommes d'avis que **sur la période 2010-2020**, il doit être possible de réduire d'une manière continue la consommation d'énergie spécifique<sup>1</sup> **d'une valeur moyenne de 1 % par an (donc une baisse de 10 % sur l'ensemble de la période visée).**

---

<sup>1</sup> Consommation d'énergie par vkm (transport de voyageurs) ou par tkm (transport de marchandises)

---

Eu égard aux chiffres actuels de production (10.403 millions vkm et 7.882 millions tkm) et aux prix actuels de l'énergie, 1 % correspond à :

<b>1 % = 1,6 à 1,8 millions EUR par an</b>
--------------------------------------------

Le présent document satisfait également aux prescriptions des articles 53, 54 et 55 du contrat de gestion Holding, aux articles 45, 46 et 47 du contrat de gestion Infrabel et aux articles 49, 50 et 51 du contrat de gestion SNCB.

### **Proposition de décision**

- Le Comité de Direction prend connaissance du masterplan "Efficacité énergétique et émission CO<sub>2</sub> traction des trains".
- Le Comité de Direction marque son accord sur les mesures proposées et charge les services concernés de développer et d'implémenter ces mesures.
- Le Comité de Direction prie le groupe de travail de faire rapport semestriellement sur l'implémentation de ce plan.



## Effacité énergétique et émission de CO<sub>2</sub> , traction des trains

### Masterplan Groupe SNCB

Objectif.....	3
Introduction.....	4
1 Une plate-forme pour une démarche énergétique.....	5
1.1 Une politique de l'énergie.....	5
1.2 Organisation.....	6
1.3 Formation et compétences.....	7
1.4 Communication et sensibilisation.....	8
1.5 ISO 14001.....	8
2 Mesurer, c'est savoir.....	9
2.1 Mesurer, c'est savoir ; deviner, c'est risquer de se tromper.....	9
2.2 Traction électrique.....	9
2.3 Traction Diesel.....	11
2.4 Suivre et rapporter.....	11
3 Démarche énergétique pour l'exploitation du trafic ferroviaire.....	13
3.1 La conduite (énergétiquement) économique va de pair avec la régularité.....	13
3.2 Régulation du trafic.....	14
3.3 Maintenance.....	15
3.4 Taux d'occupation et de charge.....	15
3.5 Consommation d'énergie à l'arrêt.....	16
4 Démarche énergétique pour l'organisation du trafic ferroviaire.....	18
4.1 Planning du service des trains.....	18
5 Démarche énergétique pour le matériel roulant.....	20
6 Démarche énergétique pour installations fixes de traction électrique.....	23
7 Emission de CO <sub>2</sub> .....	24

## Objectif

Le présent document répond aux prescriptions des articles 53, 54 et 55 du contrat de gestion Holding, aux articles 45, 46 et 47 du contrat de gestion Infrabel et aux articles 49, 50 et 51 du contrat de gestion SNCB.

- En prenant connaissance du document "**Groupe SNCB plan de réduction CO<sub>2</sub>, transport par chemin de fer**", les comités de direction des trois entités du Groupe SNCB, ont demandé à H-SE.03 de dresser, en concertation avec la SNCB et Infrabel, un masterplan de réduction de la consommation d'énergie spécifique et des émissions de CO<sub>2</sub> spécifiques, imputables aux services de transport.

---

**Pour chaque mesure retenue, il est recommandé:**

- de déterminer un objectif réaliste et d'élaborer un programme d'implémentation ;
- d'évaluer la rentabilité économique ;
- d'élaborer un plan de mesures et de suivi pour pouvoir maintenir les efforts d'économie. Ceci est particulièrement important vu que le succès de cette mesure dépend principalement du facteur humain.

De plus, il est souhaitable que tout investissement (tant en matériel roulant qu'en infrastructure), ainsi que toute modification importante au service des trains soient subordonnés à une étude préalable relative à l'incidence sur la consommation d'énergie.

## Introduction

La consommation d'énergie et les rejets de CO<sub>2</sub> constituent une donnée politique et économique de grande importance. Les discussions actuelles sur l'approvisionnement en énergie, les hausses spectaculaires de la facture énergétique (aussi suite à des majorations de taxes et d'impôts), le respect du protocole de Kyoto et les propositions européennes sur l'après-Kyoto posent de nombreux défis au secteur des transports, mais offrent également des opportunités spéciales, plus particulièrement au secteur ferroviaire.

Les thèmes environnementaux se transforment de plus en plus souvent en opportunités d'entreprises. La faible consommation d'énergie spécifique du transport ferroviaire représente un atout. En Belgique, la SNCB assure 6,3 % du transport des voyageurs et 10,8 % du transport des marchandises, tout en n'ayant besoin que de 3,3 % de l'énergie PRIMAIRE consommée par tous les modes de transport réunis.

Offrir un service de trains sûr, de qualité et ponctuel constitue la priorité. D'ailleurs, le transport d'un plus grand nombre de voyageurs et de marchandises par train au lieu de la voiture, du camion ou de l'avion peut mettre un frein à l'augmentation continue de la consommation d'énergie de tous les moyens de transport. Notre ambition n'est pas donc une baisse absolue de la consommation d'énergie, mais bien une baisse de la consommation d'énergie spécifique, c'est à dire l'énergie nécessaire par vkm ou tkm presté.

La nécessité d'un rendement énergétique plus élevé représente également un impératif stratégique, économique et écologique pour le secteur ferroviaire. **Le chemin de fer doit également rester à l'avenir le fer de lance des moyens de transport.**

Dans ce qui suit, nous nous limiterons à des mesures susceptibles de contribuer à **une réduction de l'énergie utilisée directement pour les prestations de transport, énergie qui représente quelque 80 % de la consommation totale d'énergie du Groupe SNCB**, y compris des pertes électriques dans les sous-stations de traction et la caténaire,

Les efforts qui sont fournis en vue de réduire les 20 % d'énergie consommée restants (dans les gares, les immeubles et les ateliers) ont évidemment aussi leur importance, mais ils font l'objet d'un autre plan d'action. Certaines actions énumérées ci-après sont valables pour les deux secteurs.

Le contenu de ce document s'inspire en partie du document ***Process, Power, People – Energy Efficiency for railway Managers*** publié par l'UIC. Celui-ci puise à son tour un certain nombre d'éléments d'un projet de norme internationale concernant la gestion d'énergie et les procédures d'accréditation ISO 14001.

**L'énergie est une denrée rare et chère. Changer les choses exige bien plus qu'un certain nombre d'interventions techniques. En premier lieu, il faut un changement de mentalité. Cette prise de conscience prend du temps, mais cela vaut largement la peine de s'y investir.**

# 1 Une plate-forme pour une démarche énergétique

## 1.1 Une politique de l'énergie

Pour qu' une politique de l'énergie soit couronnée de succès, il faut assimiler trois prémisses :

1. un engagement formel du management afin de tendre vers une plus grande efficacité énergétique et l'intégration de cet objectif à la gestion quotidienne. Pour développer le bon sens des collaborateurs, les bonnes résolutions ne suffisent pas : il appartient en réalité au management d'assurer un suivi quotidien du projet ;
2. un objectif clairement formulé ;
3. l'intégration de cet objectif aux autres objectifs de l'entreprise.

**En 2008, les charges d'énergie pour la traction des trains (E+Z) se sont élevées à : 123 millions EUR (97 millions E + 26 millions Z)<sup>2</sup>, c-à-d : 6 % des charges d'exploitation de la SNCB.**

**En 2002, ces charges s'élevaient à 76 mio EUR, soit une augmentation de 66 % en 6 ans !**

Les charges pour la traction électrique à consommation constante (1.400 GWh) s'élèvent à<sup>3</sup> :

- En 2009 : 132 mio EUR
- En 2010 : 154 mio EUR

Le prix mensuel moyen du diesel de traction a connu d'importantes fluctuations en 2008 : d'un maximum de 0,74 EUR/l en août 2008 à 0,34 EUR/l en décembre 2008.

Si le prix moyen (0,59 EUR/l) payé en 2008 se révèle représentatif du prix des années qui vont suivre, alors les charges annuelles pour le diesel, à consommation constante, s'élèveront à : 26 mio EUR.

**Charges totales escomptées pour la traction des trains (à consommation constante) :**

- **En 2008 : 123 mio EUR**
- **En 2009 : 158 mio EUR**
- **En 2010 : 180 mio EUR**

**A charges d'exploitation constantes, cela représentera 8 % des charges d'exploitation en 2010.**

<sup>2</sup> E signifiant "Electricité", Z signifiant "Diesel"

<sup>3</sup> Sur la base des contrats déjà conclus pour la fourniture d'électricité aux sous-stations de traction en 2009-2011

## 1.2 Organisation

Une politique d'énergie couronnée de succès requiert une organisation dans laquelle chacun est placé devant ses responsabilités.

De l'analyse de la situation actuelle, il ressort ce qui suit. L'industrie fournit du matériel roulant "state-of-the-art" et/ou la spécification décrite dans la partie technique du cahier des charges. Tant l'industrie que le bureau d'études B-TP fournissent un apport important au concept technique et aux composantes en présence. Ensuite, c'est l'opérateur qui prend le relais. Le conducteur représente un facteur déterminant, mais son apport est conditionné par le sillon donné et par le travail des signaleurs et de traffic control. Ces deniers se trouvent à leur tour sous l'emprise des planificateurs de sillons de trains I-AR et des divisions marketing voyageurs et marchandises de l'opérateur. La facture énergétique qui en découle arrive, après contrôle par le bureau en énergie d'Infrabel (pour la traction E) ou le bureau des achats B-AL (pour la traction Z), à la comptabilité de l'opérateur sans aucun feedback vers les intéressés cités ci-avant.

Ce masterplan doit servir d'incitant pour impliquer davantage tous les intéressés dans les processus déterminants pour la consommation d'énergie et dans la démarche visant à accroître l'efficacité énergétique.

Dans chaque entreprise, une bonne organisation requiert :

1. la désignation au sein de chaque entreprise d'un membre du CD responsable de la consommation d'énergie ;
2. l'élaboration par ce membre du CD d'une politique prenant naturellement en compte les autres objectifs de l'entreprise ;
3. les objectifs d'entreprise de toutes les directions et services concernés doivent être compatibles avec la politique de l'énergie prônée.

### Bottom-up ou Top-down ?

La consommation d'énergie est le résultat de la combinaison complexe d'un grand nombre de facteurs et de composants. Dès que nous savons ce que nous consommons, nous pouvons, pour pouvoir réduire la consommation d'énergie spécifique, analyser tous ces facteurs et composants afin de déterminer le potentiel d'économie par composant et en déduire un potentiel d'économie globale. C'est ce qu'on appelle la méthode Bottom-up. Cette approche comporte 2 risques :

- le potentiel d'économie est sous-estimé la plupart du temps ;
- les effets de certaines mesures peuvent se chevaucher. Si par exemple des trains plus courts sont mis en marche aux heures creuses, le potentiel énergétique baissera également grâce à un style de conduite économe en énergie.

La stratégie Top-down consiste à formuler un objectif (p. ex. 10 % ; 2009-2020) et à élaborer alors une feuille de route pour l'atteindre.

Pour pouvoir déterminer un objectif réaliste, nous recourons la plupart du temps aux deux méthodes.

<b>Mesure 1.2</b>	<b>Désignation d'un responsable de la consommation d'énergie par entreprise</b>
-----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

### 1.3 Formation et compétences

Dans un passé (pas si) éloigné, les conducteurs de locomotives à vapeur et leurs auxiliaires savaient très bien comment s'y prendre pour consommer le moins de charbon possible. En effet, le travail du *chauffeur* (celui qui chauffait la chaudière) était proportionnel à la consommation d'énergie et en outre, un système de primes récompensait le souci de rendement énergétique. Heureusement, au niveau technologique, la traction électrique présente un rendement énergétique 4 fois plus élevé (wheel to wheel), mais en revanche, le courant électrique n'est plus une réalité tangible pour le conducteur de train.

**De plus, pendant de longues décennies, l'énergie fut relativement bon marché ou (pour la traction électrique), la facture était plutôt proportionnelle à la puissance de pointe mise à disposition qu'à la consommation réelle. Tous ces facteurs n'incitaient nullement à la prise en compte de l'efficacité énergétique.**

Nous ne pouvons pas attendre de tous les acteurs concernés qu'ils respectent les objectifs de l'entreprise si les principes et les données scientifiques de base ne sont pas connus : masse, vitesse, accélération, freinage, pertes au niveau de tous les composants, éclairage, chauffage, refroidissement et aération dans les trains, etc.

On dispose d'énormément de littérature, notamment sur les sites <http://www.railway-energy.com/>, <http://www.railway-energy.eu/> et <http://www.railenergy.org/>.

Les charges pour la traction diesel sont proportionnelles à 100 % à la consommation, et, dans les contrats actuels de fourniture d'électricité, le montant facturé est pour ainsi dire proportionnel lui aussi à la consommation. **Par conséquent, une économie au niveau de la consommation est presque automatiquement synonyme d'une diminution substantielle du montant de la facture énergétique.**

Une formation appropriée est nécessaire pour les services :

- qui décident des services des trains ;
- qui rédigent la spécification destinée au matériel roulant ;
- qui décident de la composition des trains ;
- qui planifient les horaires ;
- qui forment les conducteurs de train et naturellement les conducteurs de train eux-mêmes ;
- qui décident de la maintenance des trains ;
- qui décident des installations fixes d'alimentation électrique de la caténaire et en assurent la maintenance ;
- pour le personnel des postes de signalisation.

Cette formation vise évidemment aussi le personnel d'encadrement concerné.

<b>Mesure 1.3a Fiche SNCB_1 en annexe</b>	<b>Ajouter un module de logiciel d'énergie aux simulateurs de parcours qui sont utilisés pour la formation de base et la formation permanente des conducteurs de train</b>
<b>Mesure 1.3b Fiche SNCB_4 en annexe</b>	<b>Apprendre aux conducteurs de train à circuler de manière énergétiquement rentable lors de la formation de base comme lors de la formation continuée</b>
<b>Mesure 1.3c</b>	<b>Infrabel organise un workshop en concertation avec H-SE.03 et B-AD. Les services concernés et les propriétaires de projet B-VN, B-TP, B-VI, B-MD, I-I, I-R et I-AR sont invités à participer et à venir exposer les initiatives à prendre. Ce workshop sera accessible à tous opérateurs ferroviaires.</b>

## 1.4 Communication et sensibilisation

La communication est essentielle pour attirer et maintenir en éveil l'attention sur un plan énergétique. La communication et la sensibilisation renforcent et prolongent les fruits d'une formation. On atteint un groupe cible de plus en plus étendu, ce qui permet ainsi de créer une plate-forme plus large.

Mais la communication doit être simple et claire et axée sur le groupe visé. Voici les aspects qui doivent absolument entrer en ligne de compte :

- l'importance de l'action, en soutien à un développement durable ;
- le lien avec la stratégie d'entreprise ;
- l'information sur de nouvelles initiatives et des évolutions techniques ;
- les résultats déjà engrangés par rapport à l'objectif.

<b>Mesure 1.4</b>	<b>Dans le cadre de la campagne de communication interne en vue d'une diminution de la consommation d'énergie non-traction, On communique également sur les actions et les résultats de ce masterplan</b>
-----------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 1.5 ISO 14001

La certification qualité suivant ISO 9001 est déjà bien intégré ; elle constitue un cadre et un moyen destinés à maintenir un niveau de qualité élevé. ISO 14001 (ou EMAS) est un bon guide pour l'environnement.

Une certification ISO 14001 de la politique environnementale présente les avantages pratiques suivants en matière de gestion de l'énergie :

- elle confère une structure à l'organisation de la politique énergétique ;
- l'audit, l'évaluation et l'actualisation font partie du processus ;
- il s'agit d'un signal fort à l'intention de tous les collaborateurs et autres intéressés pour leur signifier que la politique énergétique est bien prise au sérieux.

## 2 Mesurer, c'est savoir

### 2.1 Mesurer, c'est savoir ; deviner, c'est risquer de se tromper

Il n'est pas possible de suivre la régularité des trains et de l'évaluer sans horloge et sans horaires. Il n'est pas davantage possible de suivre et d'évaluer la consommation énergétique en se passant de compteurs d'énergie et d'objectifs de consommation.

La consommation d'énergie est généralement mesurée en kWh pour l'électricité ou en kg pour le mazout. Se contenter de suivre l'évolution des coûts ne suffit pas,

Tout processus de mesurage et de suivi :

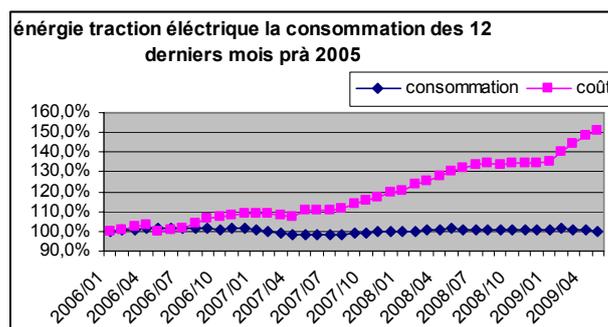
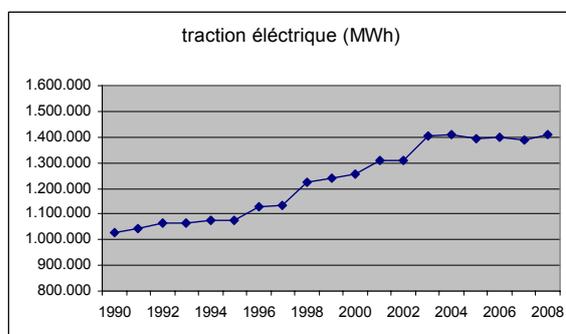
- doit se rapprocher le plus possible des consommations concernées ;
- doit être disponible sous une forme électronique bien structurée ;
- outre les chiffres absolus, il faut également être en mesure de déduire les consommations spécifiques (par trkm ou par places-assises-km ou par vkm) ;
- doit être bien documenté et vérifiable.

### 2.2 Traction électrique

En 2008, **1.515 GWh** d'énergie électrique ont été fournis (suivant contrat de traction<sup>4</sup>).

- Une partie est utilisée pour l'alimentation de boucles de gare locales (Bruxelles-Midi, Bruxelles-Nord, Louvain, Anvers-Nord, Anvers JNS), pour les postes HT à Ronet et à Salzannes, pour le chauffage des aiguillages et l'alimentation des installations de signalisation en 2008 : **101 GWh** ou **6,7 %**.
- le solde aux frontières s'élève à **7 GWh** ou **0,5 %** ( le réseau belge a plus fourni aux réseaux voisins que l'inverse) ;
- le solde : **1.407 GWh** ou **93 %** ont été utilisés pour l'alimentation électrique du réseau de caténares Infrabel.

Ces 4,5 dernières années, la consommation d'énergie pour la traction électrique s'est pour ainsi dire stabilisée, alors que les charges, elles, ont augmenté de plus de 50 %.



<sup>4</sup> Chaque sous-station de traction est équipée de compteurs d'énergie lus à distance. La puissance quart-horaire et la consommation d'énergie peuvent être lus en temps réel via le Serveur EI.

A l'heure actuelle, nous ne disposons pas de valeurs de mesure de la consommation par train, par type de service de train (Marchandises, TGV, IC/IR, trains locaux) ni sur les pertes au niveau du réseau de caténaies. Il est donc difficile de chiffrer les effets des mesures URE<sup>5</sup>.

Un modèle théorique et un benchmarking avec d'autres réseaux (projet UIC Rail-Energy), qui eux disposent bien de compteurs à bord des engins de traction, permettent d'estimer une répartition et de chiffrer les effets (voir ci-dessous) mais des données mesurées sont finalement plus fiables.

En Allemagne, les compteurs dans les engins de traction constituent une obligation légale. Les gestionnaires de l'infrastructure en Suède et en Norvège font installer des compteurs dans tous les engins de traction des opérateurs actifs sur ces réseaux. En France, RFF impose l'installation de compteurs dans les engins de traction à homologuer. Toutes ces initiatives sont prises en première instance pour pouvoir procéder à une facturation plus correcte, mais les données sont également utilisées pour initier et suivre des mesures URE. **De plus, l'initiative scandinave démontre que l'investissement est rentable.**

Infrabel a pris l'initiative (en s'inspirant du système scandinave) de faire installer 20 compteurs dans des engins de traction appartenant à divers opérateurs. Au moins 10 d'entre eux seront placés dans des engins SNCB.

<p><b>Mesure 2.2a</b></p> <p>Voir fiches Infrabel_1 et Infrabel_2 en annexe</p>	<p><b>Un échantillon représentatif d'engins de traction existants seront équipés de compteurs d'énergie. Au moins une fois toutes les 24 heures, les données suivantes sont transmises à l'ordinateur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ l'identification de l'engin</li> <li>▪ la position GPS</li> <li>▪ l'heure</li> <li>▪ la consommation d'énergie</li> </ul> <p><b>Ces données sont enregistrées toutes les 5 minutes.</b></p>
<p><b>Mesure 2.2b</b></p> <p>Fiche SNCB pas encore disponible</p>	<p><b>Toutes les nouvelles locomotives et automotrices électriques seront équipées de compteurs d'énergie. La précision de comptage rencontre les exigences visées au CR loc&amp;pas TSI (procédure d'approbation en cours).</b></p> <p><b>Cela vaut plus particulièrement pour les locs type 18 et les 305 nouvelles automotrices RER (AM08).</b></p>

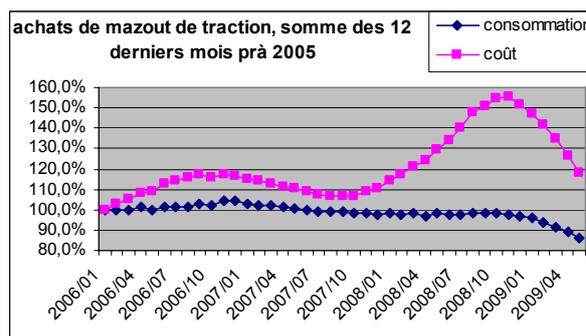
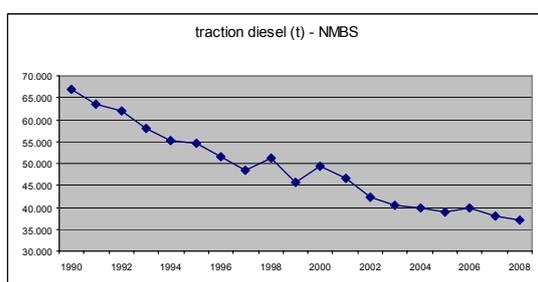
<sup>5</sup> URE = Utilisation Rationnelle de l'Énergie

## 2.3 Traction Diesel

En ce qui concerne les données de consommation pour la traction au mazout, nous disposons, d'une part, des données relatives à l'achat et, d'autre part, des consommations enregistrées par B-TP, par type de véhicule

En 2008, 38.722 tonnes de mazout ont été approvisionnées (consommations Infrabel non comprises) ; sur la base des données enregistrées par B-TP, quelque 10.500 tonnes pour le transport de voyageurs furent utilisées.

Si la consommation de mazout pour la traction a légèrement baissé ces 3 dernières années, les charges par contre ont augmenté de 45 %.



Sur la période 1990-2008, la consommation a baissé d'env. 3,5 % par an

Les automotrices diesel s'approvisionnent exclusivement aux stands "TR" (Merelbeke, Stockem, Antwerpen-Noord, Mol, Hasselt, Schaerbeek, Bertrix, Kinkempois, Montzen, Monceau).

Les locomotives s'approvisionnent aussi bien à ces stands qu'aux emplacements simplifiés où le diesel est pompé directement vers la locomotive depuis un camion.

Grâce à un bon suivi de la consommation de mazout, il est possible de suivre la consommation par engin de traction et de la comparer aux prestations de transport fournies.

<p><b>Mesure 2.3</b> <b>Fiche SNCB pas encore disponible</b></p>	<p><b>La consommation de carburant d'un échantillon représentatif d'AR41 et de locs T 77 fait l'objet d'un suivi plus précis et est comparée chaque mois aux prestations de transport fournies. L'équipement au moyen d'un compteur de flux de mazout est à l'étude.</b></p>
----------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2.4 Suivre et rapporter

Les indicateurs suivants sont disponibles mensuellement :

- consommation globale d'électricité de traction (GWh) et (EUR) ;
- achats diesel de traction (t) et (EUR) ;
- "Degrés-jour chauffage" (chiffres "Uccle" via site web [www.aardgas.be](http://www.aardgas.be)) ;
- un paramètre à préciser "Degrés-jours refroidissement" ;
- tkm bruts trains de voyageurs et pkm ;
- tkm bruts trains de marchandises et tkm (nets) ;
- quantité de diesel approvisionnée par type de véhicule diesel (t).

Grâce aux chiffres de production (vkm, tkm, trkm, tkm tractés bruts), il est possible de déduire ou d'estimer plusieurs indicateurs. Les plus significatifs sont :

- consommation finale d'énergie par tkm bruts trains de voyageurs électriques ;

- 
- consommation finale d'énergie par tkm bruts trains de marchandises électriques ;
  - consommation finale d'énergie par tkm bruts trains de voyageurs diesel ;
  - consommation finale d'énergie par tkm bruts trains de marchandises diesel ;
  - consommation d'énergie primaire par pkm ;
  - consommation d'énergie primaire par tkm.

La consommation finale d'énergie est la quantité d'énergie qui est utilisée dans l'engin lui-même (from tank to wheel)<sup>6</sup>. La consommation primaire d'énergie tient compte de l'énergie nécessaire à la production d'énergie (from well to wheel). Dès que nous souhaitons additionner une consommation finale d'énergie électrique à une consommation finale d'énergie d'origine fossile, il vaut mieux convertir le tout en consommation d'énergie primaire.

Jusqu'à présent, les facteurs de conversion suivants sont utilisés:

- consommation d'énergie primaire électrique = consommation finale d'énergie / 0,34 ;
- consommation d'énergie primaire diesel = consommation finale d'énergie / 0,88.

En raison des variations saisonnières (tant en ce qui concerne les différences de température qu'au niveau de la production des trains), il n'est pas possible de comparer tel mois au mois qui suit. En outre, ces dernières années, nous avons connu des fluctuations significatives entre des mois identiques. Il vaut mieux faire le total des 12 derniers mois pour la partie tant chauffage que refroidissement des trains de voyageurs, en corrigeant cette donnée par le nombre de degrés-jours pour la période en question.

Si des compteurs sont embarqués à bord des engins de traction, il est naturellement possible de mesurer et de suivre en plus les indicateurs suivants :

- consommation et charges par type de véhicule ;
- consommation et charges par service de train ;
- consommation par conducteur ;
- pertes dans la caténaire.

---

<sup>6</sup> Faute de données précises sur les pertes au niveau des caténaires, ces pertes sont intégrées à la consommation d'énergie finale.

## 3 Démarche énergétique pour l'exploitation du trafic ferroviaire

### 3.1 La conduite (énergétiquement) économique va de pair avec la régularité

Un service des trains ponctuel offre également des perspectives en ce qui concerne une conduite énergétiquement économique. Le temps tampon de base sert à compenser de petites sources de retards ou de brèves zones temporaires de limitation de vitesse. Le temps tampon peut exceptionnellement être utilisé pour limiter la vitesse maximale ou pour couper la traction à partir d'un point donné en amont du point d'arrêt. Un départ à l'heure dans la gare suivante ou un passage à l'heure au prochain embranchement doit évidemment être garanti. Actuellement, on prévoit sur un certain nombre de tronçons des minutes supplémentaires à l'horaire dans le cadre des zones de ralentissement programmées ; l'on peut examiner si ces minutes supplémentaires ne pourraient pas servir pour une conduite économique pendant les périodes où des zones de limitations temporaires de vitesse ne sont pas d'application.

**Des exemples étrangers montrent qu'une conduite économique permet d'économiser jusqu'à 5 à 10 % d'énergie.**

- Une attention accrue pour la conduite énergétiquement économique lors de la formation et du recyclage des conducteurs de train ;
- Dans un premier stade, il peut être indiqué sur la feuille de travail du conducteur, la vitesse recommandée par tronçon et/ou l'endroit où la traction peut être coupée. Tout en respectant l'horaire du sillon.
- Dans un deuxième stade, il est possible de calculer en continu, via le positionnement GPS, la vitesse requise du train et l'endroit de coupure de la traction, et la communiquer au poste de conduite. Mais le système GPS doit bien tenir compte des zones de limitation de vitesse temporaire avant de prendre la décision d'écarter la vitesse afin de ne pas provoquer de retards. L'appareil GEKKO conçu par les DSB ou un système équivalent utilisé chez les CFF en sont des exemples. De tels systèmes ont également été introduits par ces entreprises ferroviaires pour améliorer la régularité des trains.
- Dans un troisième stade, il y a des situations de conflit prévisibles de telle sorte qu'au lieu de retenir un train à hauteur d'un signal, l'on communique à temps au conducteur qu'il peut arrêter la traction parce qu'il faut accorder la priorité à un autre train. Maintenir ce train en mouvement permet également d'accroître la régularité. Dans d'autres cas, l'on peut donner pour consigne au conducteur du train d'accélérer de manière à éviter une cascade de situations de conflit entraînant l'immobilisation de plusieurs rames.
- Le deuxième et le troisième stades ne peuvent être atteints qu'en s'appuyant sur les supports informatiques requis. Dans le cadre du projet Traffic Management, on a prévu la création d'un tool pour appuyer les décisions en temps réel des régulateurs de trafic. Ce tool, augmenté d'une fonction de prévision des situations de conflit, pourrait être utilisé à cette fin. La réalisation est prévue pour 2011 au plus tôt.
- Si la consommation est enregistrée grâce à un compteur d'énergie embarqué à bord, le conducteur bénéficiera d'un feedback et sera incité à améliorer continuellement son style de conduite.

Exemple : parcours avec 3 AM96 de Bruxelles à Gent-Sint-Pieters via la L50A (suivant le programme de TP) :

Distance 52 km, vitesse de référence 160 km/h, mais limitée localement à 140 km/h.

- à une vitesse maximale de 160 km/h, le trajet dure 25,6 minutes, consommation 716 kWh ;
- à une vitesse maximale de 140 km/h, le trajet dure 26 minutes, consommation 640 kWh ;

EETEE Version 10: 07/07/2009

- à une vitesse maximale de 130 km/h, le trajet dure 27,5 minutes, consommation 580 kWh ;
- à une vitesse maximale de 120 km/h, le trajet dure 29,4 minutes, consommation 530 kWh ;

Si on dispose à Gent-Sint-Pieters d'un temps tampon de 2 minutes, il est possible - à condition que le train parte à l'heure de Bruxelles - d'écarter la vitesse à 130 km/h ; le train arrivant alors toujours à l'heure, mais en consommant 19 % d'énergie en moins. Comme quelque 15 % de l'énergie captée par le train sert au confort à l'intérieur de celui-ci, le gain global d'énergie ne s'élèvera qu'à 17 %.

Si la moitié des trains partent de Bruxelles à l'heure, cela représente encore et toujours, dans la perspective d'un style de conduite économique, un gain potentiel de 8 % sur ce trajet. Ce pourcentage peut être atteint, le réseau étranger est là pour le prouver.

Dans l'horaire du 9/12/2007, il a été prévu 3 minutes additionnelles entre Gent-Sint-Pieters et Bruxelles, de telle sorte que l'on dispose maintenant d'un temps tampon de 5 minutes.

<p><b>Mesure 3.1a</b> Voir fiche SNCB_2 en annexe</p>	<p><b>Par sillon, l'on calcule pour chaque tronçon la "vitesse conseillée" pour atteindre le sillon donné. La vitesse maximale sur le tronçon est la "vitesse de rattrapage" autorisée. Pour un certain nombre de trajets pilotes, la vitesse conseillée est notée sur la feuille de travail du conducteur.</b></p>
<p><b>Mesure 3.1b</b> Voir fiche SNCB_2 en annexe</p>	<p><b>Dans une deuxième phase, le conducteur reçoit, sur la base de l'information GPS, des informations sur un appareil numérique concernant la vitesse de référence optimale pour suivre le sillon concerné.</b></p>

### 3.2 Régulation du trafic

Le conducteur représente un facteur déterminant, mais son apport est subordonné au sillon donné, au fait que les signaleurs tracent les itinéraires, et enfin aux décisions de traffic control.

En accumulant un arrêt supplémentaire (mais évitable), le train perd son élan énergétique et doit ensuite développer une vitesse moyenne plus élevée pour rattraper son retard sur l'horaire. Ici aussi, l'économie d'énergie et la régularité vont de pair.

Des trains de marchandises lourds (jusqu'à 2.000 tonnes, en moyenne quelque 1.300 tonnes) sont obligés de se garer et de s'immobiliser pour donner la priorité à des trains de voyageurs beaucoup plus légers (p. ex. 1 automotrice de 80 tonnes).

Sur les axes de transport de marchandises importants, la règle de la priorité pourrait être adaptée.

Le dédoublement du nombre de voies sur des tronçons très fréquentés permet de séparer les trains de marchandises et les trains locaux lents des trains IC rapides. Cela n'accroît pas seulement de manière substantielle la capacité du tronçon, mais réduit également le risque d'immobilisation et donc de perte énergétique additionnelle pour les trains directs.

Un cabine de signalisation automatisée présente certains avantages. Les itinéraires sont tracés automatiquement et les signaux sont ouverts automatiquement après la libération de l'itinéraire par le train précédent.

<b>Mesure 3.2a</b> <b>Fiche Infrabel</b> <b>pas encore</b> <b>disponible</b>	<b>Des informations disponibles à Traffic Control ou dans les cabines de signalisation relatives aux changements de sillon en real time, sont mis à disposition par le gestionnaire d'infrastructure aux entreprises ferroviaires, bien évidemment sous réserve que les outils informatique soient disponibles.</b>
<b>Mesure 3.2b</b> <b>Fiche SNCB</b> <b>pas encore</b> <b>disponible</b>	<b>Afin d'appuyer une conduite économique, les entreprises rendent ces informations visibles aux conducteurs de train.</b>
<b>Mesure 3.2c</b> <b>Fiche SNCB</b> <b>pas encore</b> <b>disponible</b>	<b>Lors de la demande de sillon, l'on tient compte de l'efficacité énergétique, et ce plus particulièrement pour les trains de marchandises lourds. Là où c'est possible, le freinage est remplacé pour un coasting.</b>

### 3.3 Maintenance

Une fiabilité élevée de l'infrastructure permet d'économiser de l'énergie en évitant des arrêts inopinés et des zones de ralentissement. Des zones de ralentissement lors de travaux en pleine voie sont synonymes de pertes d'énergie et doivent donc être de la plus courte durée possible. Des trajets courts sur lesquels une vitesse plus élevée est renseignée et donc appliquée, nécessitent une plus grande dépense d'énergie par rapport au faible gain de temps réalisé. Il est par conséquent intéressant de dresser l'inventaire des changements de vitesse de courte durée et d'analyser sur cette base les avantages et les inconvénients d'un profil de vitesse plus uniforme.

<b>Mesure 3.3a</b> <b>Fiche Infrabel</b> <b>pas encore</b> <b>disponible</b>	<b>Inventaire des zones de ralentissement de longue durée assorties d'une vitesse autorisée moins élevée en comparaison avec les zones en amont et en aval et étude de la possibilité d'un profil de vitesse plus uniforme, à condition que cela ne compromette pas la régularité.</b>
---------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Le niveau de maintenance du matériel roulant influence incontestablement aussi la consommation d'énergie :

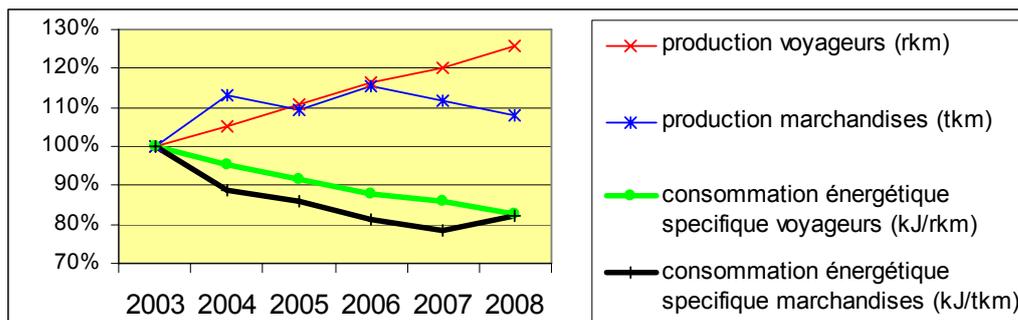
- fuites dans les composantes à air comprimé ;
- réglage des systèmes de chauffage et de refroidissement ;
- une consommation de carburant élevée peut trahir un fonctionnement du moteur diesel au rendement moins optimal.

### 3.4 Taux d'occupation et de charge

Un train avec un taux d'occupation moyen (environ 26 % pour les trains SNCB) présente une efficacité énergétique deux fois plus élevée qu'une voiture moyenne transportant 1,4 personne à bord<sup>7</sup>.

**Cela signifie cependant qu'un train doit atteindre un taux d'occupation d'au moins 13 % pour présenter une efficacité énergétique plus élevée qu'une voiture transportant 1,4 personnes.**

<sup>7</sup> Consommation d'énergie primaire par vkm

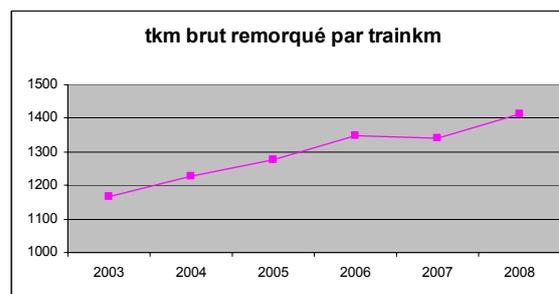
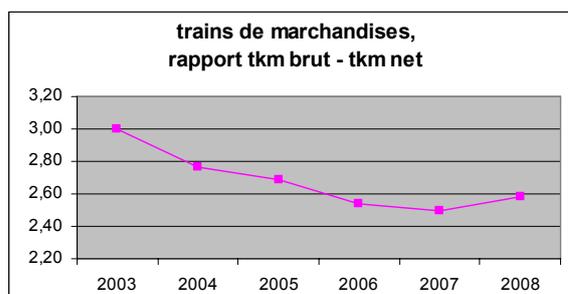


Une

diminution de la consommation d'énergie par vkm ou par tkm est due en grande partie à un taux d'occupation plus élevé. Par exemple en 2008 par comparaison avec 2007, 5 % de vkm, est presté en plus avec seulement 0,5 % de tkm bruts trains de voyageurs supplémentaires.

Deux indicateurs économiques importants contribuent à un rendement énergétique plus élevé en transport de marchandises :

- une proportion tkm bruts - tkm nets plus faible : ceux-ci ont connu une baisse sensible ces dernières années, avant de remonter faiblement en 2008 ;
- la masse moyenne tractée par train est passée de 1.150 tonnes en 2003 à 1.410 tonnes en 2008.



**Mesure 3.4a**  
**Fiche SNCB**  
**pas encore**  
**disponible**

**Etude afin de déterminer si une structure tarifaire différenciée suivant la période de la journée est susceptible de motiver des voyageurs à prendre le train en dehors des heures de pointe. L'augmentation de capacité qui en résulte a pour effet de réduire la consommation d'énergie spécifique (kWh/vkm).**

### 3.5 Consommation d'énergie à l'arrêt

Les trains garés consomment eux aussi de l'énergie pour le préchauffage, le prérefroidissement ou la maintenance.

Le refroidissement ou le chauffage de rames au cours du nettoyage au PET, portes ouvertes, représente un gaspillage d'énergie.

Un moteur de loc T77 tourne au ralenti pendant 70 à 80 % de son temps de fonctionnement. Pour les moteurs de l'AR41, ce pourcentage se situe entre 60 et 70 %.

On estime qu'il est possible d'économiser 10 % de carburant. Un moteur diesel qui tourne 75 % en stationnaire, consomme dans cette situation 25 % du carburant total et rejette 25 % de la quantité totale de NOx. En outre, un train qui fait beaucoup de stationnaire consomme 10 % d'huile en plus. Celle-ci est brûlée ou rejetée sans être brûlée.

---

Ceci est imputable en partie aux immobilisations de longue durée de ces véhicules, moteurs non éteints. En premier lieu, les instructions existantes relatives à l'arrêt du moteur, devraient être mieux suivies. Pour les locs diesel, l'information GPS permet d'assurer un meilleur monitoring de ce paramètre.

Pour les AR41, il est légitime de se demander si le deuxième moteur (chaque autorail étant équipé de deux moteurs) est bien nécessaire sur tous les trajets. Lever cette option requiert des adaptations afin d'alimenter les services de confort dans la voiture via le moteur diesel de l'autre voiture de l'autorail.

<b>Mesure 3.5a Fiche SNCB pas encore disponible</b>	<b>Via les données GPS en ligne, il est possible d'identifier les engins de traction diesel qui restent immobilisés pendant plus de 20 minutes sans éteindre le moteur. Des actions ciblées sont susceptibles de réduire le nombre d'heures de véhicules immobilisés moteur non éteint.</b>
-----------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 4 Démarche énergétique pour l'organisation du trafic ferroviaire

### 4.1 Planning du service des trains

La vitesse commerciale et les points d'arrêt sont des considérations commerciales, mais les horairistes doivent également prendre conscience de la consommation d'énergie et de la facture énergétique liées à certains choix.

Les modèles disponibles utilisés pour le calcul des temps de trajet sont également pourvus d'un module énergétique. Lors de la conception d'un nouveau service de trains, il est donc possible de procéder à une évaluation de l'impact sur la consommation d'énergie.

**Si nous comparons les vkm annuels aux places-assises-km annuels, le taux d'occupation moyen des trains de la SNCB se situe à quelque 26%. Il s'agit d'un score faible si on le compare p. ex. à ATOC: 31 % ou aux DSB : 41%.**

Le taux d'occupation résulte d'un grand nombre de facteurs, parmi lesquels :

- l'attrait commercial du service des trains ;
- le degré de correspondance entre offre de trains/offre de places assises et la demande ;
- l'attention portée à l'accouplement et au désaccouplement de parties de trains.

**Un taux d'occupation plus élevé des trains peut également être obtenu en encourageant les déplacements en dehors des heures de pointe et/ou en axant la composition des trains de manière plus flexible sur la demande de transport au moment souhaité et sur le trajet visé.**

La composition du train et le type de train représentent des facteurs importants. Pour preuve, les choix qui ont été opérés sur l'IC E Blankenberge/Knokke-Tongeren :

		Places assises entre Bruges et Louvain :	kWh par trajet suivant prog. tp.	GWh par an	% consommation prp au total pour V-N	charge 2009 (mio EUR)
1	IC E Knokke - Tongeren Blankenberge - Brugge 2AM96 Knokke-Brugge:2 AM96; Brugge - Hasselt 4 AM96, Hasselt - Tongeren 3 AM96	848	4136	55	5,5%	5,53
2	Blankenberge - Brugge 5 M6+HLE Knokke-Brugge: 5M6+HLE; Brugge-Leuven: 10M6+2HLE; Leuven-Tongeren: 5M6+HLE	1292	3297	44	4,3%	4,32
3	Blankenberge-Brugge: 2AM96 Knokke-Tongeren: 10M6+2HLE	1292	4304	57	5,7%	5,73

**Pour pouvoir augmenter le nombre de places assises entre Brugge et Leuven, le but était d'appliquer l'option 2 au lieu de l'option 1 qui présentait l'avantage d'une consommation réduite de 20 %, soit 1.200.000 EUR de charges en moins par an. Cette économie n'est actuellement pas réalisée, vu que la circulation se fait avec 10M6 + 2 HLE jusqu'à Tongeren (c'est comparable à l'option 3, 30 % de consommation ou 1.400.000 EUR en plus par an par rapport à l'option 2).**

Les DSB atteignent un taux d'occupation élevé en désaccouplant fréquemment des automotrices (sans rencontrer de problèmes techniques) au fur et à mesure que le train s'éloigne de Copenhague. Chaque partie du train poursuit sa propre route vers une autre destination.

A côté de l'efficacité énergétique, il convient également de tenir compte, lors de la conception du service des trains, de l'efficacité énergétique. Cela signifie qu'il faut éviter, si possible, qu'à la même gare, plusieurs trains partent systématiquement au même moment. Une puissance de pointe élevée requiert des investissements plus lourds, et entraîne une facture d'électricité plus conséquente.

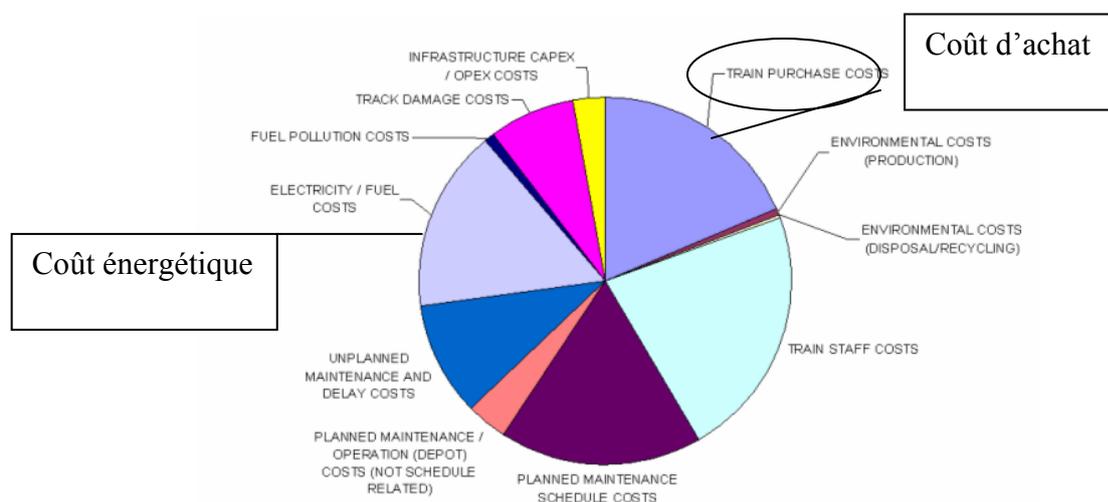
<b>Mesure 4.1a</b> <b>Voir fiche</b> <b>SNCB_3 en</b> <b>annexe</b>	<b>Les données disponibles en matière de taux d'occupation par train de voyageurs et par tronçon permettent d'identifier des rames qui, au cours de toute la prestation, n'atteignent jamais un taux d'occupation supérieur à 60 % entre deux arrêts. Réduire la composition de ces rames représente une économie substantielle d'énergie.</b>
<b>Mesure 4.1a</b> <b>Voir fiche</b> <b>SNCB_3 en</b> <b>annexe</b>	<b>Les données disponibles concernant le taux d'occupation par train de voyageurs et par tronçon permettent d'identifier les relations ferroviaires où il est possible de réaliser des gains d'énergie substantiels en procédant à des accouplements et des désaccouplements judicieux des rames. Ce n'est évidemment possible que sur des automotrices. Mais il ne faut pas perdre de vue que toute opération sur une rame constitue une source de retard potentielle ayant pour effet de réduire la vitesse commerciale. Il convient donc de bien peser le pour et le contre.</b>

## 5 Démarche énergétique pour le matériel roulant

L'efficacité énergétique est fortement influencée par les indicateurs ou les aspects suivants :

- la masse par place assise ;
- la récupération de l'énergie de freinage
- les mesures URE pour services de confort ;
- une bonne aérodynamique, surtout si  $V_{max} > 140$  km/h ;
- les exigences en matière d'accélération, une exigence d'accélération élevée allant de pair avec une puissance installée élevée et donc une masse plus grande, mais surtout des pertes en marche à vide plus élevées et donc une grosse consommation. Ajoutons à cela une récupération potentiellement moins élevée de l'énergie de freinage ;
- une modulation des groupes de refroidissement de traction : le refroidissement des moteurs de traction réclame beaucoup d'énergie. Il arrive souvent que les refroidisseurs (ventilateurs) tournent à plein régime sans que cela soit nécessaire.

La figure ci-dessous représente une analyse ATOC des charges totales pour un train de voyageurs.



**D'après cette étude, récente, les coûts énergétiques sont aussi importants que les charges d'investissement.** L'augmentation susvisée des coûts énergétiques de l'ordre de 70 % a pour conséquence que la facture énergétique se révèle beaucoup plus lourde que les charges d'amortissement. **Poser des exigences en matière de rendement énergétique lors de l'acquisition de nouvelles rames revêt donc (littéralement) une importance capitale.** Le document UIC PROSPER (*Procedures for Rolling Stock Procurement with Environmental Requirements*) et la nouvelle fiche UIC 345 donnent des indications sur la manière de décrire et d'évaluer les prestations en matière d'énergie.

<b>Mesure 5a</b> Voir fiche SNCB_7 en annexe	<b>Audit énergétique pour les rames existantes et commandées</b>
<b>Mesure 5b</b> Voir fiche SNCB_5 en annexe	<b>Lors de l'achat de nouveau matériel roulant, poser des exigences fonctionnelles en rapport avec la consommation d'énergie.</b>

### **Masse par place assise (masse d'une voiture vide divisée par le nombre de places assises)**

Le réseau Infrabel est petit si on le compare à la plupart des autres réseaux européens. La distance moyenne entre deux points d'arrêt s'élève à :

- 14 km pour les trains IC ;
- 8 km pour les trains IR ;
- 4,5 km pour les trains CR ou L.

La masse à remettre constamment en mouvement influence grandement la consommation d'énergie.

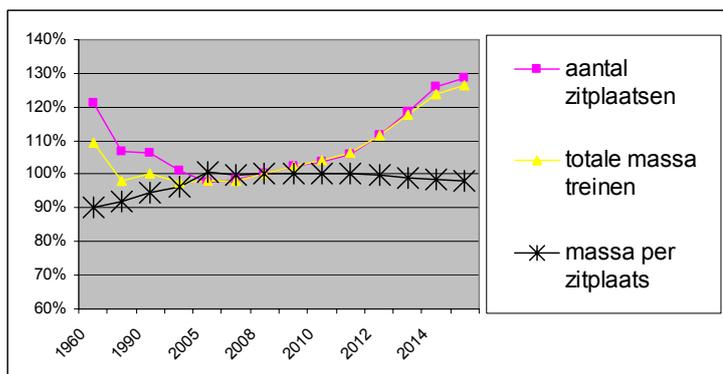
La masse par place assise des voitures SNCB destinées au trafic intérieur varie de 400 kg (1 loc tractant 8 voitures M5) à 800 kg (1 loc tractant 8 voitures I11). Pour une capacité demandée d'un train, la consommation d'énergie est donc fortement tributaire de la tare par place assise.

La masse par place assise dans les automotrices ou les autorails varie de quelque 600 kg (AM00, AM75, AM80) à 755 kg (AM96) et 800 kg (AR41).

D'après les informations disponibles, la masse par place assise des nouvelles automotrices RER s'élève à : 500 kg. Cela représente 20 % de moins que la masse moyenne par place assise dans les trains CR actuels.

Nous estimons que pour un service RER, quelque 65 % de l'énergie de traction est nécessaire à l'accélération des trains (20 % pour les services de confort, 15 % pour la résistance au vent et au roulement). **La réduction programmée de 20 % sur la masse moyenne par place assise produit donc une réduction potentielle d'énergie de 13 %<sup>8</sup>.**

D'autre part, suite à la modernisation des AM80, AM75 et M5, la masse par place assise est appelée à s'accroître. **Globalement, d'ici 2015, la masse moyenne par place assise du matériel SNCB baissera de 2 %.**



### **Récupération de l'énergie de freinage**

L'énergie disponible via le frein dynamique (électrique) peut théoriquement être réutilisée pour la traction d'autres trains ou pour les services de confort à bord.

Sur un réseau de caténaires sous tension continue 3000 V, les possibilités de réutilisation par un autre train sont toutefois limitées. Ce n'est que si un train accélère dans le voisinage immédiat d'un autre train qui freine que cette énergie pourra être réutilisée à bon escient. Les locs T13, les AM96 et les AM80 sont capables de réalimenter vers la caténaire au moment du freinage.

L'exploitation du RER avec sa grande densité en trains et les nombreux cycles de freinage et d'accélération, offre des possibilités de recyclage de cette source d'énergie gratuite. Plus grande sera la proportion du nombre d'essieux entraînés par rapport au nombre total

<sup>8</sup> A condition d'atteindre avec la composition de train choisie un taux d'occupation moyen au moins identique.

d'essieux, plus élevée sera la capacité du frein dynamique et donc plus la puissance de récupération d'énergie sera grande.

**Les nouvelles automotrices RER sont équipées d'un frein dynamique permettant de renvoyer l'énergie de freinage vers la caténaire, 2/3 des essieux étant entraînés. Ceci représente le double p. ex. par rapport aux AM96 et aux AM80. Une économie d'énergie d'environ 20 % est réalisable.**

Le réseau de caténaires 25 kV (LGV, L166/165 et L42) offre plus de possibilités de récupération de l'énergie de freinage à condition que les engins de traction soient équipés à cette fin (seules les AM96 bicourant en sont équipées, la Loc type 13 ne pouvant récupérer que sur 3000 V). La densité des trains sur ces lignes est cependant faible et sur la L166/165 et la L42, il convient d'éviter en première instance que des trains de marchandises soient obligés de freiner. C'est là qu'il convient d'adopter un style de conduite (et un sillon) permettant d'interrompre la traction avant le sommet de la côte. Le train poursuit alors sa course grâce à son inertie propre (avec décélération progressive). Une fois le sommet franchi, il pourra de nouveau gagner de la vitesse et atteindre la vitesse maximale autorisée au point le plus bas.

Des compteurs d'énergie dans les trains permettront à tout le moins de mesurer le potentiel d'énergie récupérable.

Alstom réalise des expériences en France avec des sous-stations de traction à tension de sortie variable. Pour pouvoir accroître le taux de récupération, la tension de sortie est plus basse si le train se trouve à proximité.

Une alimentation HT en boucle locale à partir de la sous-station de traction (comme il en existe déjà à Leuven, Antwerpen, Bruxelles) représente une charge primaire constante. Avec des sous-stations de traction bidirectionnelles, l'énergie de freinage pourrait être récupérée en interne.

Les NS mènent une étude relative à la possibilité de stockage d'électricité 0,5 MWh (1,5 kV) dans les sous-stations de traction.

### ***Services de confort dans les trains de voyageurs***

Nous estimons l'énergie nécessaire au chauffage, au refroidissement, à l'éclairage et à l'aération des trains dans les conditions atmosphériques en vigueur en Belgique, à **15 % de l'énergie de traction** pour les trains de voyageurs. Il s'agit de quelque **160 GWh par an**. Au prix unitaire de 2009, on peut parler de charges de l'ordre de **16 millions EUR par an**.

Sur les rames nouvelles ou rénovées en profondeur, on peut appliquer les mesures URE suivantes :

- meilleure isolation ;
- fermeture automatique des portes intérieures et extérieures ;
- ventilation en fonction d'une occupation effective (senseur CO<sub>2</sub> ou senseur pondéral) ;
- pilotage des lampes et de l'éclairage économiques au moyen de senseurs de lumière ;
- usage maximal de l'énergie disponible fournie par le frein électrique, soit thermiquement, soit électriquement ;
- rendre réversible la pompe à chaleur mise à disposition pour le refroidissement, de manière à pouvoir chauffer beaucoup plus efficacement en hiver qu'avec de simples résistances électriques.

Sur les rames existantes, on peut appliquer les mesures URE suivantes :

- à la lumière du jour et par temps clair, n'allumer les lampes qu'à l'approche des tunnels et ensuite éteindre de nouveau. Cette pratique a fini par être abandonnée depuis une dizaine d'années ;

- réglage plus judicieux du chauffage et de la climatisation ;
- limiter le refroidissement à  $\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$  par rapport à la température extérieure et avec une température minimale non inférieure à  $23^{\circ}\text{C}$  ;
- l'hiver, réduire le préchauffage, et l'été, réduire le prérefroidissement au minimum requis.

<b>Mesure 5c</b> Voir fiche SNCB_6 en annexe	<b>En cas d'immobilisation de longue durée (p. ex. à un point d'arrêt), donner sur une base régulière un ordre de fermeture de toutes les portes du train (naturellement à un moment où les voyageurs n'embarquent ni débarquent)</b>
-------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Mesure 5d</b> Fiche SNCB_8 en annexe	<b>Par temps clair et sur des trajets dépourvus de tunnels, éteindre les lumières dans les trains</b>
--------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 6 Démarche énergétique pour installations fixes de traction électrique

Lors de la transformation de l'énergie provenant des réseaux publics de courant alternatif vers la tension d'alimentation de la caténaire et lors du transport de cette tension via la caténaire, il y a une perte d'énergie.

Infrabel ajoute régulièrement des installations. Plus de sous-stations de traction et/ou des postes de sectionnement, réduisent la perte de tension dans la caténaire et donc moins de perte lors du transport de l'énergie.

Avant la construction d'une nouvelle installation, une étude d'optimisation préalable est réalisée. C'est ainsi qu'on achète toujours le transformateur le plus avantageux compte tenu du prix d'achat et des pertes escomptées au cours de la durée de vie.

De même, il est possible d'optimiser la mise en œuvre des ressources existantes.

Les pertes d'énergie sur une caténaire 25 kV sont plus faibles que sur une caténaire 3 kV. Toutefois, le remplacement du système d'alimentation ne peut jamais être rentabilisé d'un point de vue purement énergétique.

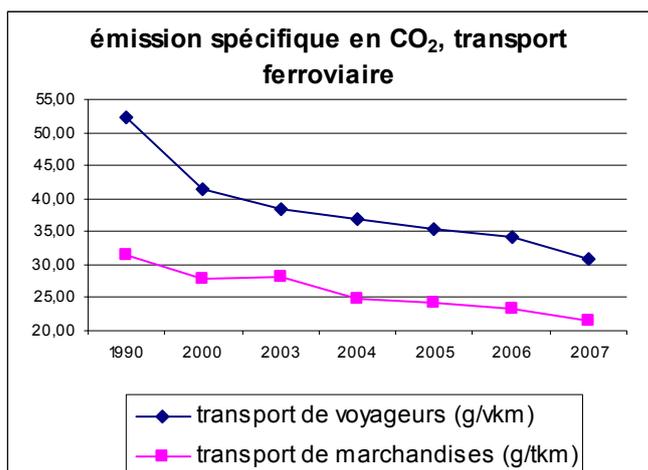
<b>Mesure 6a</b> Fiche Infrabel_3 en annexe	<b>Optimisation du nombre de groupes transformateurs-redresseurs dans les sous-stations de traction pour pouvoir limiter ainsi les pertes d'énergie internes</b>
------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Mesure 6b</b> Fiche Infrabel_4 en annexe	<b>Adaptation des coefficients de comparaison des prix lors de l'achat de nouvelles installations compte tenu de l'augmentation annuelle du prix de l'électricité</b>
------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 7 Emission de CO<sub>2</sub>

Comme pour l'énergie, pour cet indicateur également, nous ne tendons pas vers une baisse absolue, mais plutôt vers une réduction de l'émission spécifique de CO<sub>2</sub> par vkm ou tkm presté.

Par émission spécifique, il faut entendre l'émission totale par vkm ou par tkm, soit la somme de l'émission totale (de la traction diesel) et de l'émission indirecte (production de diesel et d'électricité).



**En comparaison avec 1990, l'émission spécifique de CO<sub>2</sub> a chuté d'environ 40% en 2008.**

Cette baisse résulte de 3 facteurs :

- une proportion toujours plus élevée de la traction électrique par rapport à la traction diesel ;
- une baisse de l'intensité carbon de la production d'électricité ;
- une énergie moindre nécessaire par vkm ou tkm.

Pour l'évolution future, nous distinguons 4 facteurs :

1. **les résultats que le Groupe SNCB est susceptible d'aligner en augmentant l'efficacité énergétique des services de transport offerts et en passant à l'action dans les domaines susvisés ;**
2. **partie traction électrique par rapport à la traction diesel : plus de traction diesel entraîne une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>, c-à-d que pour une prestation donnée, environ 2,9 de plus de CO<sub>2</sub> est émise.**

En **transport voyageurs**, nous ne nous attendons pas à de grands changements du côté de la SNCB. La part actuelle allouée à la traction diesel (environ 4 % en tkm bruts) ne pourra baisser que légèrement, vu qu'il n'est actuellement pas prévu d'extension du nombre d'automotrices diesel. L'accroissement escompté des tkm bruts d'ici 2020 s'opérera grâce à la traction électrique (RER, TGV).

En transport de marchandises SNCB, il ne faut pas s'attendre à une progression de la part traction diesel. En 1990, la part traction diesel s'élevait à: 38 %, pour s'éroder ensuite systématiquement jusqu'à 21 % en 2004, le score actuel étant de 24 %. Dans les années à venir, nous nous attendons à une stabilisation, voire à une (légère) baisse de la proportion traction diesel/traction électrique, compte tenu du leasing de 30 à 40 (nouvelles) locomotives électriques.

**3. L' "intensité carbon" ou l'émission spécifique du secteur de la production d'électricité (en 1990 : 350 g/kWh, en 2000: 280 g/kWh, en 2006: 273 g/kWh, en 2007: 248 g/kWh, en 2008: 227 g/kWh.<sup>9</sup>**

En raison de la part élevée de l'énergie nucléaire en Belgique, cet indicateur est faible par rapport par exemple à DU (670 g/kWh), NL (680 g/kWh) ou UK (620 g/kWh) mais plus élevé qu'en FR (91 g/kWh).

**Nous nous attendons à une nouvelle baisse de cet indicateur en Belgique d'ici 2020, pour les raisons suivantes.**

En décembre 2008, la stratégie 20-20-20 de l'UE a été formellement adoptée :

- 20 % d'économies sur la consommation d'énergie d'ici 2020 ;
- 20 % d'émissions de CO<sub>2</sub> en moins d'ici 2020 ;
- part des énergies renouvelables d'ici 2020 : 20%

Ces objectifs moyens découlent d'obligations qui, d'une part, sont imposées, via l' "emission trading", aux grands secteurs industriels européens (notamment au secteur de la production d'électricité) et, d'autre part, aux états membres en ce qui concerne les autres secteurs (transport, ménages, services, etc.).

Pour la Belgique, cela représente :

1. 15% d'économies sur la consommation d'énergie d'ici 2020 (par rapport à 2005) ;
2. 15% d'émissions de CO<sub>2</sub> en moins d'ici 2020 (par rapport à 2005) ;
3. part des sources d'énergie renouvelables dans la consommation finale d'ici 2020 : 13%

La poursuite d'un tel effort de réduction des émissions à l'horizon 2030 implique dans le domaine du transport une baisse de 25 % d'ici 2030 par rapport à 2005.

En outre, dans le secteur des transports, la part de sources d'énergie renouvelables devra s'élever au minimum à 10 % (% énergétique, objectif pour chaque pays). Une poursuite de l'effort jusqu'en 2030 produira un score de 14,25 % d'énergies renouvelables dans le secteur des transports.

**La notion d' "énergie renouvelable" couvre donc également le courant "vert" utilisé pour la traction des trains. Le recours à une énergie électrique verte pour la traction ferroviaire est donc particulièrement encouragé.**

- Pour pouvoir atteindre le troisième objectif, il faudra que la contribution du secteur de l'électricité en Europe dépasse les 20 %, eu égard aux possibilités plus limitées dans le chef des autres secteurs. En Belgique, les possibilités pour produire de l'électricité issue de sources d'énergie renouvelables sont moins étendues que dans d'autres pays. Dans le scénario de référence, le Bureau du Plan<sup>10</sup> prévoit un accroissement du niveau actuel (quelque 2 %) vers 10 % à l'horizon 2020. Mais ce sera largement insuffisant pour pouvoir atteindre les objectifs fixés par l'UE.
- dans le monde politique, les signaux actuels vont dans le sens d'un report de la sortie du nucléaire, mais, même si la sortie programmée à partir de 2015 devait se réaliser, le Bureau du Plan s'attend à ce que l'intensité carbonique ne soit pas plus élevée en 2020 par rapport à la valeur actuelle.
- le Bureau du Plan pronostique une augmentation de la production d'électricité par des centrales au gaz naturel (de telles centrales présentent une émission spécifique de CO<sub>2</sub>

<sup>9</sup> Dans le rapport annuel du Groupe SNCB sur l'environnement, nous utilisons les chiffres pour les centrales Electrabel situées en Belgique, source : rapport annuel d'Electrabel sur l'environnement de l'année -1, par exemple le chiffre que nous utiliserons dans le rapport durabilité du Groupe SNCB (activités 2008) est le chiffre publié en juillet 2008, tiré du rapport annuel 2007 d'Electrabel sur l'environnement. (227 g/kWh).

<sup>10</sup> Rapport "La politique climatique post-2012", Bureau fédéral du Plan, juillet 2006

---

plus faible que les centrales au charbon et se distinguent par un rendement énergétique bien plus élevé).

- d'après les pronostics du Bureau du Plan, l'émission spécifique de CO<sub>2</sub> sous le scénario de référence ne s'élèvera qu'à 213 g/kWh d'ici 2020, soit 20 % de moins qu'en 2006. Toujours sous ce scénario de référence (les centrales nucléaires étant partiellement remplacées par des centrales au charbon et un quelconque supplément de CO<sub>2</sub> étant exclu), on s'attend de nouveau après 2020 à une augmentation jusqu'à un niveau de 10 % plus élevé qu'en 1990. Cela implique donc que la Belgique n'atteindra pas les objectifs post Kyoto. D'autres scénarios dans l'étude du Bureau du Plan prédisent une poursuite de la baisse jusqu'à environ 100 g/kWh en 2030.

#### **4. La politique d'achat d'énergie et de partenariats éventuels dans le cadre de projets de production d'électricité sous la forme d'énergies renouvelables**

- La décision d'Infrabel relativement au parc de production d'énergie éolienne sous la forme de 29 éoliennes implantées le long de la L2, permettra de faire baisser de 3 % l'émission globale de CO<sub>2</sub> d'ici 2010. En outre, c'est indirectement une bonne affaire question rendement énergétique. En comparaison avec une production thermique ou nucléaire classique d'un rendement de quelque 34 %, le rendement d'une éolienne s'élève quasiment à 100 %. 2 % de consommation de traction fournie par des éoliennes réduisent la consommation d'énergie primaire d'environ 1%.
- La politique d'achat traction diesel : si, en vertu de l'objectif UE pour 2020, la part de biodiesel dans le diesel s'élèvera vraiment à 10 %, alors nous pourrions prédire, sous réserve, que l'émission de CO<sub>2</sub> en traction diesel baissera de 4 %. Comme quelque 1/3 de l'émission actuelle de CO<sub>2</sub> dans le domaine de la traction est imputable à la traction diesel, l'émission globale de CO<sub>2</sub> dans la traction baissera de quelque 1%.
- La politique d'achat traction électrique : jusqu'à présent, dans les cahiers des charges ou au cours de la procédure de négociation, aucune exigence, aucun critère de passation spécifique concernant la provenance de l'électricité n'est imposé.