

# ETUDES DE RENTABILITE ECONOMIQUE ET FINANCIERE

## LIAISON E25-E40 AUTOROUTE A8 ROUTE EXPRESS COTONOU - PORTO-NOVO (BENIN)

Alain COUNET

Présenté lors du colloque "AGIR" en novembre 1994 - Publié dans les Cahiers du MET - collection trafics; Maîtriser la mobilité; 4ème partie : planification intégrée.

### SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
1. METHODOLOGIE DE L'ETUDE DE RENTABILITE ECONOMIQUE OU FINANCIERE	3
1.1. Critère d'évaluation	3
1.2. Les étapes de l'étude	3
2. DEFINITION DU CADRE DE L'ETUDE	4
2.1. Définition de la situation de référence (sans le projet)	4
2.2. Définition de la situation avec le projet	4
2.3. Le trafic prévisible	4
2.4. La période considérée	5
3. ESTIMATION DES VARIATIONS DE COUTS	5
3.1. Les variations des coûts des consommations de l'exploitant du réseau	5
3.2. Les variations des coûts à charge des usagers du réseau routier	8
3.3. Les variations des coûts à charge de la collectivité	13
4. EVALUATION DU PROJET	19
4.1. Rentabilité de l'investissement	19
4.2. Analyse de sensibilité	19
5. BIBLIOGRAPHIE	20

## **INTRODUCTION**

### **Objet**

L'objet de ce type d'étude est d'évaluer l'opportunité de la réalisation de projets d'infrastructures de transport et de mettre en évidence l'utilité de rechercher des concours financiers auprès de banques d'investissement ou de développement en vue d'assurer la réalisation de ces projets dans les délais les plus brefs.

Le premier projet concerne la création d'une liaison autoroutière nouvelle au travers du tissu urbain de l'agglomération liégeoise en vue de relier l'autoroute E40 Bruxelles-Cologne à l'autoroute E25 Liège-Luxembourg. Cette liaison, d'une longueur de 10 km, a un coût de réalisation très élevé, car elle comporte une traversée souterraine de 2.000 m suivie d'un passage en viaduc au-dessus de la Meuse.

Le deuxième projet concerne l'achèvement de l'autoroute A8 Bruxelles-Tournai. Celle-ci est un maillon de l'itinéraire autoroutier reliant Bruxelles à l'agglomération lilloise et au tunnel sous la Manche. La section centrale, d'environ 20 km, est restée inachevée à ce jour.

Le dernier projet a trait à la création d'une route express de 30 km, appelée à remplacer la route reliant actuellement Cotonou à Porto-Novo au Bénin, très fréquentée, en mauvais état et peu sûre.

La particularité de ce projet est que les banques de développement associées au financement du projet (KfW, FED, BAD et BOAD), soucieuses de voir assurée la viabilité à long terme du projet, ont conditionné l'octroi du financement à l'acceptation du principe du péage par les autorités béninoises.

### **Méthodologie**

Les critères d'évaluation retenus sont ceux du taux de rendement interne et de la valeur actualisée nette aux taux de crédit des financements envisagés.

La méthodologie suivie a procédé par comparaison des situations avec et sans projet, de 1994, date du début de réalisation des projets au financement desquels les autorités compétentes souhaitaient associer soit la BEI, soit les quatre bailleurs de fonds cités ci-avant, à 2010 ou 2020, dernière année pour laquelle étaient disponibles des prévisions de trafic avec et sans réalisation du projet.

Précisons que la rentabilité économique des deux projets wallons était considérée du point de vue de la collectivité tandis que le projet béninois a été évalué du point de vue de la rentabilité financière pour le gestionnaire, en l'occurrence l'Etat.

## Contenu des études

Les études ont envisagé l'ensemble des coûts et bénéfices ou avantages des projets, à savoir :

- les coûts d'investissement;
- les coûts d'exploitation et de gestion;
- la valeur résiduelle de l'investissement;
- la valeur des gains de temps des usagers du réseau routier;
- les variations des coûts d'exploitation des véhicules;
- le coût des accidents;
- le coût des externalités :
  - \* les nuisances acoustiques;
  - \* la pollution atmosphérique;
  - \* les impacts sur les caractéristiques et les spécificités du site;
- les charges de remboursement du capital et des intérêts (dans le cas du Bénin);
- les recettes du péage (dans le cas du Bénin).

Le taux de rentabilité interne et les valeurs actualisées des différents coûts et avantages sont estimés sur base de ces différents éléments.

Des analyses de sensibilité ont complété l'évaluation. Elles ont permis de déterminer dans quelle mesure la rentabilité des projets est susceptible de se dégrader si les principales hypothèses conditionnant cette rentabilité étaient modifiées.

## Résultats

L'étude de rentabilité économique de la liaison E25-E40 a fait apparaître un taux de rendement interne du projet de l'ordre de 13 %, et a permis l'octroi d'un important crédit européen en vue de son achèvement.

L'étude du projet de création de la section manquante de l'autoroute A8 a montré que cet ouvrage est appelé à accueillir un trafic très significatif et à contribuer à l'accroissement du trafic sur les sections existantes, notamment en constituant, dans le corridor Bruxelles-Dunkerke, un itinéraire alternatif vis-à-vis des liaisons autoroutières existantes en voie de saturation sinon de surcharge. L'étude a fait apparaître l'avantage économique pour la collectivité, avec un taux de rendement interne de près de 15 %. Elle a permis à la Région Wallonne d'obtenir, pour son achèvement, une contribution financière européenne importante.

L'étude de la route express de Cotonou à Porto-Novo a montré que, moyennant l'installation d'un système de péage, le projet était financièrement rentable pour l'Etat béninois, avec un taux de rentabilité interne de 11 %. Les recettes du péage permettront notamment d'assurer le financement de l'entretien de l'ouvrage, ce qui répond aux préoccupations des bailleurs de fonds.

# 1. METHODOLOGIE DE L'ETUDE DE RENTABILITE ECONOMIQUE OU FINANCIERE

## 1.1. Critère d'évaluation

### Etude de rentabilité économique

Le critère d'évaluation retenu est celui du **taux de rendement interne pour la collectivité**, c'est-à-dire le taux d'actualisation qui annule le bénéfice actualisé généré par l'investissement envisagé au cours de la période d'étude. Par collectivité, il faut entendre la Communauté Européenne dans son ensemble.

Les coûts et les avantages sont estimés en francs constants, **hors toutes taxes** c'est-à-dire hors TVA<sup>1</sup>, IPP<sup>2</sup>, ISOC<sup>3</sup> et droits d'accises<sup>4</sup> : en effet, les dépenses constituant un transfert au niveau de la collectivité ne correspondent pas à des consommations effectives et doivent être exclues de l'estimation.

### Etude de rentabilité financière

Le critère d'évaluation retenu est également le **taux de rendement interne** mais **du point de vue du gestionnaire**. Le principe d'évaluation est le même que dans le cas de la rentabilité économique si ce n'est que l'on ne s'intéresse, cette fois, qu'à l'ensemble des coûts supportés par le gestionnaire et à l'ensemble de ses revenus. Les coûts et revenus sont également estimés en francs constants.

## 1.2. Les étapes de l'étude

La méthodologie suivie comporte les étapes suivantes :

### Etude de rentabilité économique

- la définition du cadre de l'étude, à savoir des **situations avec et sans projet d'investissement**;
- l'estimation des **variations des avantages et coûts** hors toutes taxes des consommations entre les situations avec et sans projet d'investissement, pour les différents "acteurs" du projet : l'exploitant, les usagers du réseau routier et la collectivité. Lesquelles variations contribueront, en plus ou en moins, à la constitution des bénéfices procurés par cet investissement;

---

1 Taxe sur la Valeur Ajoutée.

2 Impôt sur les revenus des Personnes Physiques.

3 Impôt sur les revenus des Sociétés Commerciales.

4 Essentiellement sur les carburants.

- le **calcul du taux de rendement interne** proprement dit, et l'**analyse de sensibilité** de la valeur obtenue vis-à-vis de modifications des hypothèses de base du calcul.

#### Etude de rentabilité financière

- la définition du **projet d'investissement**;
- l'estimation des **revenus et coûts** du projet d'investissement, pour le gestionnaire. Lesquels contribueront, en plus ou en moins, à la constitution des bénéfices procurés par cet investissement;
- le **calcul du taux de rendement interne** proprement dit, et l'**analyse de sensibilité** de la valeur obtenue vis-à-vis de modifications des hypothèses de base du calcul.

## **2. DEFINITION DU CADRE DE L'ETUDE**

### **2.1. Définition de la situation de référence (sans le projet)**

La situation de référence est celle correspondant à la situation existante, complétée par tous les investissements qui seront en toute occurrence réalisés, et par toutes les mesures qui seront mises en oeuvre sur le réseau routier de la région concernée, que l'on réalise ou non l'investissement faisant l'objet de l'évaluation.

### **2.2. Définition de la situation avec le projet**

La situation avec le projet est basée sur la situation de référence. C'est donc le projet, proprement dit, qui sera décrit dans ce point. Y seront abordés :

- les études techniques;
- les ouvrages d'art et les parachèvements;
- les équipements électro-mécaniques (éclairage, balisage, téléphonie);
- les indemnisations;
- les imprévus techniques.

### **2.3. Le trafic prévisible**

Une étude de trafic préalable doit fournir des données sur le volume de véhicules susceptibles d'emprunter le projet, par catégorie de véhicules (léger et lourd) à différents horizons.

Elle doit permettre également d'évaluer les performances du projet en termes d'économies de véhicules\*kilomètres et de véhicules\*heures.

### **2.4. La période considérée**

La période considérée pour l'étude s'étend en général sur 20 ans, ce qui correspond par ailleurs à l'horizon le plus éloigné pour lequel des prévisions de trafic avec et sans projet peuvent être raisonnablement établies.

## **3. ESTIMATION DES VARIATIONS DE COUTS**

Pour estimer le taux de rendement interne d'un projet d'infrastructure routière, un certain nombre d'hypothèses de calcul sont généralement admises. Elles portent sur le coût de l'investissement, sur le coût d'entretien et de gestion de l'ouvrage, ainsi que sur ses coûts et avantages pour les différents acteurs économiques concernés.

En ce qui concerne la présentation des données physiques et monétaires dont il est question dans la présente section, la convention adoptée consiste à présenter toutes les différences susceptibles de se manifester entre la situation comportant le projet et la situation de référence comme des quantités positives lorsque la réalisation de ce projet donne lieu à une augmentation, et comme négatives lorsqu'elle donne lieu à une diminution.

### **3.1. Les variations des coûts des consommations de l'exploitant du réseau**

#### **3.1.1. Les coûts d'investissement**

##### **HYPOTHESES DE CALCUL**

L'ensemble des travaux et fournitures du projet sont pris en considération, en écartant cependant les investissements antérieurs à l'année de base, pour autant qu'ils aient déjà été financés et réalisés.

Sont distingués pour chaque composante de l'investissement, et cela pour les différentes années de la période considérée :

- le montant des études préalables à la réalisation des travaux :
  - \* que ce soient des études techniques ou des études d'incidences et d'urbanisme;
  - \* que ces études soient effectuées par les services internes à l'Administration ou par des bureaux privés;

- le montant des travaux et fournitures proprement-dits;
- le montant des imprévus techniques;
- la maîtrise des ouvrages;
- les indemnités octroyées en vue du dédommagement des entreprises ou des riverains pour la réduction de productivité économique de leur activité durant la réalisation des travaux;
- la partie de l'indemnité d'expropriation octroyée dans le cadre de la perte de revenus futurs du propriétaire du terrain ou de l'immeuble.

Sont, par ailleurs, déduits du montant de l'investissement, ceux des différentes formes de taxation, à savoir :

- la TVA au taux de 20,5 %, soit 17 % du montant TVA comprise;
- l'IPP, pour un taux moyen d'imposition de 32,36 %<sup>5</sup> sur le salaire brut, hors cotisations sociales, ou de 20,93 % de la masse salariale totale supportée par l'employeur<sup>6</sup>; la part de la masse salariale dans le chiffre d'affaires des sociétés est basée sur la moyenne des secteurs d'activités concernés (génie civil et conseils aux entreprises), soit :
  - \* 35 % du montant hors TVA des travaux de construction et des équipements électro-mécaniques<sup>7</sup>;
  - \* 67 % du montant hors TVA des études techniques, d'incidence et urbanistiques<sup>8</sup>;
- l'ISOC, pour un taux moyen d'imposition de 39 % applicable à la marge brute; la part de la marge brute dans le montant des marchés est prise égale à 6 % pour les travaux dont l'exécution est prévue par contrat cadre<sup>9</sup> et à la moyenne des secteurs d'activité concernés pour les services et travaux prévus hors contrat cadre, soit :

---

<sup>5</sup> Source : Assubel, 1992.

<sup>6</sup> Part de l'IPP dans la masse salariale =  
 [salaire brut - cotisations sociales du salarié (13,07 %)] \* 32,36 %  
 -----  
 salaire brut + cotisations sociales patronales (34,47 %)

<sup>7</sup> Source : estimation du Ministère Wallon de l'Équipement et des Transports (MET).

<sup>8</sup> Source : Trends Tendances [15].

<sup>9</sup> Source : Cabinet du Ministre des Travaux Publics pour la Région Wallonne. L'entrepreneur chargé de la réalisation des travaux sous contrat cadre a été retenu par l'Administration au terme d'une procédure de sélection portant sur les réponses à un appel de candidatures lancé à un ensemble d'entreprises agréées en classe 8; la procédure de sélection s'appuie sur un ensemble de critères d'ordres techniques, économiques et financiers par élimination successive des candidats. Les travaux à réaliser hors contrat cadre sont confiés à une ou plusieurs entreprises au terme d'une procédure d'adjudication publique.

- \* 3,86 % du montant des travaux de génie civil et fournitures d'équipements<sup>10</sup>;
- \* 7,6 % du coût des services et conseils aux entreprises;

- les droits d'accises sur les carburants, soit quelque 2 % du montant des travaux hors TVA<sup>11</sup>.

### 3.1.2. Le coût d'exploitation et de gestion

#### HYPOTHESES DE CALCUL

Les postes de frais à prendre en considération dans les coûts annuels, qui interviendront à partir de l'année de mise en service de l'ouvrage, sont principalement constitués par :

- la maintenance des équipements électriques et électro-mécaniques (éclairage, ventilation, pompage, etc...);
- la consommation d'énergie des équipements;
- l'entretien de la voirie (nettoyage des filets d'eau, marquage au sol, déneigement, ...) et des ouvrages;
- le contrôle des équipements de sécurité (équipement vidéo, matériel anti-incendie,...).

Les coefficients utilisés pour déduire le montant des transferts du coût d'exploitation total sont identiques à ceux appliqués pour l'estimation du coût d'investissement pour la collectivité.

### 3.1.3. La valeur résiduelle de l'investissement

La période prise en compte pour l'évaluation du projet s'étale sur une période d'une vingtaine d'années. Il convient, par conséquent, de déterminer la valeur résiduelle des investissements à cet horizon, laquelle doit être mise à l'actif du projet.

#### HYPOTHESES DE CALCUL

La formule de calcul utilisée pour déterminer la valeur résiduelle du projet est celle préconisée, notamment, par la Banque Mondiale et l'UIC<sup>12</sup> :

$$VR \sim = \sim (I - V) \sim * \sim \{ (1 + i) \text{ SUP } n - (1 + i) \text{ SUP } m \} \text{ OVER } \{ (1 + i) \text{ SUP } n - 1 \} + V$$

<sup>10</sup> Source : Trends Tendances [15].

<sup>11</sup> Source : MET, Liège, D151-152.

<sup>12</sup> UIC : Union Internationale des Chemins de Fer.

Les symboles utilisés ont les significations suivantes :

- I est la valeur de l'investissement;
- V, la valeur résiduelle de l'investissement, en fin de durée de vie, prise égale à 5 % de la valeur de l'investissement;
- i, le taux d'actualisation;
- n, la durée de vie de l'investissement;
- m, le nombre d'années écoulées depuis la mise en service.

A titre d'illustration, le graphique de la page suivante renseigne, pour un taux d'actualisation de 12 %, la valeur résiduelle relative à laquelle conduit l'application de cette formule en fonction de la durée de vie et de la durée écoulée depuis la mise en service.

Les durées de vie retenues pour les différentes composantes techniques de l'investissement sont celles généralement admises, notamment par le MET en Belgique et par le SETRA<sup>13</sup> en France. Ces durées de vie sont les suivantes :

- creusement de tunnels : 100 ans;
- terrassements, ouvrages d'art et parachèvements : 50 ans;
- locaux techniques, équipements mécaniques fixes : 30 ans;
- équipements électro-mécaniques : 20 ans.

variation 12 %

### **3.2. Les variations des coûts à charge des usagers du réseau routier**

Les coûts considérés ici, sont essentiellement constitués par les coûts d'exploitation des véhicules et par la valeur du temps passé en déplacement. L'estimation des variations de ces coûts doit donc être menée sur la base de celle des variations des parcours kilométriques des véhicules et des variations des temps de parcours des véhicules.

Notons que les variations des coûts à charge des usagers entrent en compte uniquement dans l'évaluation économique du projet qui est envisagé du point de vue de la collectivité, et non dans l'évaluation financière qui n'envisage que le point de vue du gestionnaire.

#### **3.2.1. Estimation des variations des parcours kilométriques et des temps de parcours des véhicules**

---

<sup>13</sup> Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes du Ministère français de l'Urbanisme, du Logement et des Transports.

Les données disponibles à cet effet sont constituées par les résultats de l'étude de trafic. Ceux-ci sont exprimés en véhicules\*kilomètres et en véhicules\*heures, et peuvent être ventilés selon certaines grandes catégories de routes (autoroutes, autres routes prioritaires voiries locales), selon les principales catégories d'usagers (véhicules légers et poids lourds), ou encore selon les principaux groupes de couples origine-destination des déplacements (trafic intérieur et trafic international).

Il conviendra, dans la plupart des cas, à partir de données de comptages et d'enquêtes de trafic disponibles, de déterminer des coefficients d'extrapolation permettant d'estimer les véhicules\*km et véhicules\*heures annuels correspondant.

### 3.2.2. Les valeurs des gains de temps de déplacement

#### HYPOTHESES DE CALCUL

La valeur monétaire de l'unité de temps passé en déplacement, ou valeur du temps, telle qu'elle a pu être estimée dans le cadre de recherches ou d'études antérieures, diffère généralement selon le type de véhicule (léger ou lourd) et selon le motif du déplacement (professionnel ou non professionnel).

Le tableau ci-après reprend les différentes valeurs du temps mentionnées dans les principales publications spécialisées; ces valeurs sont toutes exprimées en BEF de 1993; pour autant que de besoin, les données originales ont été converties et/ou actualisées sur base de l'indice belge des prix à la consommation.

Source	Occupants des véhicules légers				Occupants des poids lourds	
	Prof. (TTC) (30%)	Non-prof. (TTC) (70%)	Moyenne (TTC)	Moyenne (HTT)	Prof. (TTC)	Prof. (HTT)
Department of Transport (UK) [6]	597	146	282	244	437	346
Mayeres (B) [3]	802	212	389	339	1182	935
Blauwens, Vertongen, de Donnea, Glejers (B) [4]	-	-	251	251	391	309
EVA-Manual [1]	776	187	366	315	877	693
Ministère Urbanisme, Logement, Transport (F) [1]	-	-	270	270	844	668

(milliers de BEF 1993)

Une déduction de 20,93 % correspondant au précompte professionnel (IPP) a été appliquée sur les valeurs du temps des déplacements à caractère professionnel.

La répartition des déplacements selon les motifs professionnels (30 %) et non professionnels (70 %) est une donnée moyenne applicable au cas de la Belgique<sup>14</sup>.

Les valeurs unitaires retenues sont celles préconisées par le EVA-Manual<sup>15</sup>, soit 315 BEF/h (7,83 ECU/h) pour les occupants des véhicules légers et 693 BEF/h

<sup>14</sup> Mayeres [3].

<sup>15</sup> Elaboré dans le cadre du programme d'études et de recherches "Advanced Transport Telematics" de la Commission des Communautés Européennes [1]

(17,22 ECU/h) pour ceux des véhicules lourds. Les arguments justifiant ce choix sont les suivants :

- dans le cas des occupants des véhicules légers, la valeur préconisée est relativement proche de celle mentionnée dans l'étude de Mayeres, spécifique du cas de la Belgique;
- dans le cas des occupants des poids lourds, cette valeur équivaut pratiquement à la masse salariale horaire d'un conducteur de poids lourds : elle est par ailleurs proche de la valeur HTT retenue par Mayeres pour les déplacements professionnels en véhicules légers;
- ces valeurs constituent, dans les deux cas, des valeurs médianes par rapport à l'ensemble des valeurs citées;
- la synthèse dont elles sont issues est relativement récente, et se rapporte à l'ensemble des pays européens.

Notons que les gains de temps réalisés sur l'ensemble du réseau routier suite à la mise en service ou à l'aménagement d'un nouvel itinéraire, sont relatifs tant au conducteur des véhicules qu'à leurs passagers. Le nombre de véhicules en circulation doit donc être multiplié par un taux d'occupation, celui-ci varie selon le type de véhicule et peut évoluer au cours du temps.

### 3.2.3. Les variations des coûts d'exploitation des véhicules

#### HYPOTHESES DE CALCUL

La structure du prix de revient au Kilomètre des véhicules comporte les rubriques suivantes :

- frais fixes :
  - \* amortissements;
  - \* frais financiers et assurances;
  - \* frais généraux;
- frais variables :
  - \* carburant;
  - \* lubrifiants;
  - \* pneumatiques;
  - \* frais d'entretien;
  - \* rémunération du personnel de conduite.

Du fait de la densité du réseau routier et donc de l'existence, en général, d'itinéraires concurrents de ceux passant par l'ouvrage dont question, il est peu probable que les gains de temps procurés individuellement à chaque déplacement permettent d'améliorer la productivité globale des véhicules, en termes de nombre de rotations effectuées par ceux-ci au cours d'une année par exemple. On a admis

dans ces conditions que l'effectif du parc de véhicules concernés ne serait pas modifiée, et qu'il ne s'indiquait pas de tenir compte des frais fixes.

Les rémunérations du personnel de conduite ont par ailleurs été prises en compte dans le cadre du calcul de la valeur du temps.

Par conséquent, seuls les coûts variables de carburant, de lubrifiant, de pneumatiques et d'entretien ont été pris en considération. Les montants retenus et leurs sources sont les suivants.

Dans la mesure où le projet permet de désengager les zones congestionnées et, par conséquent, d'augmenter la vitesse des véhicules de manière sensible, il est intéressant de quantifier la réduction de la **consommation de carburant** des véhicules. Cette estimation est particulièrement recommandée dans les centres urbains.

Les variations des consommations énergétiques sont calculées sur base des parcours kilométriques des véhicules ainsi que des vitesses moyennes par type de voiries. La formule utilisée à cet effet est la suivante :

$$c = (0,085 + 1,44/V)$$

dans laquelle :

- c est la consommation de carburant dans la zone d'étude, exprimée en litres par EVP\*km;
- V, la vitesse moyenne, calculée comme le rapport des EVP\*km et des EVP\*heures pour les différents types de voiries.

Elle est illustrée par le diagramme de la page suivante, lequel montre que dans le cas de situations de congestion, la consommation kilométrique des véhicules est susceptible d'augmenter de façon significative.

Les prix moyens à la pompe retenus pour les carburants sont ceux publiés par la revue "Le Moniteur belge de l'Automobile", en date du 18 janvier 1993. Déduction faite des droits d'accises (11,27 BEF par litre de gasoil et 16,70 BEF par litre d'essence) et de la TVA au taux de 20,5 %, les coûts des carburants s'établissent à :

- 10,58 BEF/litre pour l'essence, et;
- 10,86 BEF/litre pour le gasoil.

Le coût appliqué en fin de compte est une moyenne des deux montants ci-avant, pondérés en fonction des consommations respectives, observées en Belgique, en 1992<sup>16</sup> :

---

<sup>16</sup> OECD [11]

Types de carburants	Consommation (Tonnes métriques)	Parts relatives
Essence	2.738.000	43.6 %
Diesel	3.536.000	56.4 %
Total	6.274.000	100.0 %

Si la vitesse moyenne des véhicules enregistrée dans les scénarios avec et sans projet ne variait pas de manière significative, on procéderait à l'évaluation des variations des consommations énergétiques sur base des différences attendues des parcours kilométriques. Auquel cas, ces variations seraient valorisées au coût de 0,88 BEF par véhicule léger \* km et 2,01 BEF par poids lourds \* km.

consommation

Aux frais variables de carburant viennent s'ajouter **les frais variables de lubrifiants, de remplacement des pneumatiques et d'entretien** des véhicules. Les montants retenus et leurs sources sont les suivants :

SOURCES	Véhicules légers				Poids lourds	
	Essence (71 %)	Diesel (29 %)	Moyennes pondérées		Diesel	
	TTC	TTC	TTC	HTT	TTC	HTT
Moniteur belge de l'Automobile <sup>17</sup> [9]	0.885	0.805	0.885	0.724	-	-
Institut du Transport Routier [14]	-	-	-	-	2.655	2.113

(BEF 1993 par véhicule\*km)

Les coûts d'exploitation des véhicules légers peuvent être pondérés en fonction de la part respective des véhicules à moteur à essence et des véhicules à moteur diesel dans le parc automobile belge en 1992<sup>18</sup> :

Types de carburants	Nombres de véhicules	Parts relatives
- Essence	2.799.653	71,0 %
- Gasoil	1.143.744	29,0 %
Total	3.943.397	100,0 %

### 3.3. Les variations des coûts à charge de la collectivité

#### 3.3.1. Le coût des accidents

##### HYPOTHESES DE CALCUL

L'évolution de la variation du coût des accidents est basée sur la prise en considération :

- des taux d'accidents par type de voiries;
- des proportions respectives d'accidents avec dommages matériels uniquement, et d'accidents avec dommages corporels;
- de la fréquence des différents types de dommages résultant des accidents corporels : décès, blessures graves, blessures légères;
- du coût moyen associés aux différents types de dommages corporels ainsi que du coût moyen des dommages matériels.

Pour ce qui est du **taux d'accidents par type de voiries**, lequel permet de déterminer le nombre d'accidents prévisibles en fonction de l'intensité du trafic, les

<sup>17</sup> Cette revue publiée pour chaque modèle de véhicule, selon qu'il est propulsé par moteur diesel ou essence, une estimation des coûts d'entretien et d'exploitation généralement considérée comme fiable. STRATEC a déterminé une moyenne pondérée de ces coûts d'entretien sur base de la participation de chaque véhicule dans le parc automobile belge. L'échantillon considéré inclut les 80 modèles de véhicules les plus fréquemment rencontrés en Belgique, lesquels constituent 64 % du parc automobile belge.

<sup>18</sup> Institut National de Statistiques [10].

valeurs retenues pour l'évaluation sont celles prescrites par le Ministère français de l'Urbanisme, du Logement et des Transports pour les investissements routiers en milieu urbain ou en rase campagne [7], à savoir :

Types de voiries	Nombre d'accidents par 100 millions d'EVP*km	
	En milieu urbain	En rase campagne
- Autoroutes	50	8
- Voies prioritaires	150	30
- Voies locales	350	28 à 36

La répartition des nombres d'accidents estimés sur base de ces taux d'accidents corporels et accidents avec dommages matériels uniquement s'est effectuée sur base des proportions respectives observées en Belgique<sup>19</sup>, soit 31 % pour les premiers et 69 % pour les seconds.

L'estimation des dommages corporels a été basée sur la fréquence des dommages effectivement observés en Belgique, en 1991<sup>20</sup>:

Type de voiries	Nombre de tués par accident corporel	Nombre de blessés graves par accident corporel	Nombre de blessés légers par accident corporel
Autoroutes	0.066	0.318	1.225
Voies prioritaires	0.047	0.326	1.004
Voies locales	0.028	0.221	0.079

L'estimation des coûts monétaires des différents types de dommages fluctue, quant à elle, fortement selon les sources d'information consultées, comme le montre le tableau suivant :

Source	Dommages corporels			Dommages matériels
	Tué	Blessé grave	Blessé léger	
Mayeres (B) [3]	53.075	-	-	-
Blauwens, Vertongen, de Donnea, Glejers (B) [4]	12.520	374	-	49
EVA-Manual [1]	37.400	6.819	2.772	66
Ministère Urbanisme, Logement, Transport (F) [7]	11.703	10.601	68	98
Pettiau, Delpierre – Dramais [5]	14.262	2.209	475	430

(en milliers de BEF 1993)

<sup>19</sup> Blauwens, Vertongen, de Donnea, Glejser [4].

<sup>20</sup> Institut National de Statistiques [13].

Les valeurs reprises dans ce tableau s'appliquent pour chaque dommage en particulier. Pour évaluer le coût total d'un accident, il faut donc additionner les coûts associés aux différents dommages corporels et celui des dommages matériels.

On constate, dans ce tableau, que les valeurs estimées par Mayeres [3] et recommandées par l'EVA-Manual [1] sont nettement supérieures aux autres valeurs.

Cette différence se justifie par le fait que :

- dans ces études, en plus des dommages dus à la survenance proprement-dite de l'accident (frais de police, frais médicaux, frais d'assurance) et des dommages dus à d'éventuelles pertes de revenus d'activité professionnelle, il est tenu compte d'une valeur de la vie estimée par des modèles de "stated preferences" et "revealed preferences";
- il y est par ailleurs fait référence à des analyses menées en Allemagne et dans les pays scandinaves, où ce coût de la vie est évalué à un niveau sensiblement plus élevé que dans les autres pays d'Europe.

Les coûts moyens retenus pour les besoins de l'étude sont ceux estimés par Pettiau et Delepiere-Dramais [5]. Ils n'incluent pas la valeur de la vie évoquée ci-avant, mais ils présentent l'avantage d'être spécifiques de la Belgique. Ils sont en outre relativement complets puisqu'ils intègrent la valeur de la perte de production des victimes actives, les frais médicaux, les dommages moraux, les services de la police de la route et des organismes de secours, les frais de justices et d'assurances.

### 3.3.2. Le coût des nuisances

#### HYPOTHESES DE CALCUL

Les externalités négatives générées au niveau de l'environnement par la mise en service d'une voie de circulation sont principalement constituées par la pollution sonore et la pollution atmosphérique.

#### **a. Les nuisances sonores**

Lorsqu'il est prévu, dans le programme des investissements, la mise en place de barrières anti-bruit, le coût pour la collectivité des nuisances sonores induites par le projet lui-même est pris en charge lors de la construction. Celui-ci est compris dans le coût de l'investissement correspondant.

En ce qui concerne les zones où une circulation très dense est subie, dans la mesure où le projet est susceptible d'apporter une alternative aux déplacements et ainsi, soulager ces quartiers à densité de population élevée des nuisances acoustiques qu'engendre un tel trafic, le niveau sonore des voies peut être estimé. Celui-ci sera fonction de la densité de l'habitat bordant les voies de circulation considérées.

Ainsi, pour les voies en tissu ouvert, le niveau sonore peut être évalué à partir de la vitesse des véhicules, de la densité du trafic, mais également de la distance qui sépare les habitations des bandes de circulation et de la largeur de la chaussée.

La formule suivante élaborée par le CETUR<sup>21</sup> [16], offre un exemple d'évaluation du niveau sonore :

$$L_{eq} = 20 + 20 \log V - 12 \log (d + l_c/3) + 10 \log (Q_{VL} + EQ_{PL}) + 10 \log (1/180E)$$

dans laquelle :

- $V$  est la vitesse des véhicules (km/h);
- $Q_{VL}, Q_{PL}$  représentent les débits de véhicules légers et de véhicules lourds;
- $E$  est le facteur d'équivalence acoustique entre véhicules légers et poids lourds ( 1 camion = 10 EVP);
- $d$  représente la distance au bord de plate-forme, en mètres;
- $l_c$  est la largeur de la chaussée, en mètres, et
- 1 est l'angle sous lequel on voit la route, en degrés.

Pour les rues dites en " U ", c'est-à-dire celles bordées de manière quasi continues de bâtisses, de part et d'autres des voies de circulation, on appliquera la formule suivante:

$$L_{eq} = 55 - 10 \log l + 10 \log (Q_{VL} + EQ_{PL}) + k_v + k_h + k_r + k_c$$

dans laquelle :

- $l$  est la largeur entre façades d'immeubles (mètres);
- $Q_{VL}, Q_{PL}$  représentent les débits de véhicules légers et de véhicules lourds;
- $E$  est le facteur d'équivalence acoustique entre véhicules légers et poids lourds (1 camion = 10 EVP);
- $k_v$  représente la correction de vitesse (plus 1 dB(A) par tranche de 10 km/h supérieure à 60 km/h);
- $k_h$ , la correction de hauteur à appliquer aux immeubles de plus de 4 mètres de hauteur équivaut à :  
 $2 * (h - 4) / l$ , avec  $h$  est la hauteur du point récepteur par rapport au plan de roulement, en mètres;
- $k_r$ , la correction de rampe doit être appliquée dans la mesure où la rampe s'élève à plus de 2 %. En effet, au-delà de ce pourcentage, le facteur d'équivalence acoustique poids lourds - poids légers prend une valeur plus élevée; et
- $k_c$ , la correction de carrefour.

<sup>21</sup>

CETUR : Centre d'Etudes des Transports Urbains, Ministère français des Transports.

Pour exprimer en termes monétaires le dommage subi par les riverains, la méthode la plus simple consiste à estimer le coût des ressources nécessaires à la prévention du bruit, par exemple, par l'installation de double-vitrages. Toutefois, ceci requiert la disponibilité de perspectives de population suffisamment fines, et cela, selon que l'on mette en place ou non le projet. Le problème se pose de la fiabilité de telles prévisions.

Une alternative à cette approche consiste à évaluer ce dommage à partir de la dépréciation des habitations localisées à proximité de voies de circulation très fréquentées par les usagers de la route. L'hypothèse de base réside dans le fait que les habitants sont disposés à payer plus cher un logement localisé dans un endroit calme. Ainsi, selon les travaux américains dont Mayeres [3] fait la synthèse, un logement d'une valeur de 3 millions de BEF verra cette valeur se déprécier de 0,4 % à 0,5 % pour chaque dB(A) supplémentaire émis au-delà d'un niveau de 50 dB(A), soit 0,0996 BEF/dB(A) produit par un EVP\*km additionnel.

## **b. Les nuisances atmosphériques**

L'estimation des coûts qu'il convient d'associer à la pollution atmosphérique n'est pas chose aisée. Les différentes approches pratiquées actuellement évaluent le coût de ces nuisances, soit en fonction des dommages qu'elles engendrent (maladies respiratoires, pluies acides,...), soit par le biais du coût des mesures qui sont nécessaires pour les éviter (équipement anti-pollution par exemple). La première approche fait référence à des valeurs difficilement utilisables (coût par victime, par hectare de forêt dégradée, etc...). La seconde approche est donc préférée, et est basée sur des valeurs estimées par Mayeres [3] en 1993.

Dans cette étude, deux types d'émissions de substances chimiques sont prises en considération :

- les émissions de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> et de HC;
- les émissions de CO<sub>2</sub>.

Le coût des émissions de NO<sub>x</sub>, de SO<sub>2</sub> et de HC sont estimées sur base d'accords internationaux spécifiant notamment les montants à investir pour réduire les niveaux de pollution à des seuils acceptables prédéfinis<sup>22</sup>.

Le coût des émissions de CO<sub>2</sub> correspond à la taxe de 10 USD par baril de pétrole brut, proposée par la CEE en vue de réduire l'importance des émissions de CO<sub>2</sub>.

Selon Mayeres [3], le coût marginal pour la collectivité s'établit :

---

22

Mayeres, [3] page 16

- pour des circulations sur autoroutes, entre 0,369 BEF de 1989/véhicule\*km (congestion nulle) et 0,632 BEF de 1989/véhicule\*km (congestion moyenne) sur autoroute<sup>23</sup>;
- pour les circulations sur voies urbaines, entre 0,597 BEF de 1989/véhicule\*km en heures creuses et 0,756 BEF de 1989/véhicule\*km en heures de pointe;
- pour les circulations sur les autres types de routes, entre 0,486 BEF de 1989/véhicule\*km (congestion moyenne) et 0,525 BEF de 1989/véhicule\*km (congestion élevée).

Les montants moyens pris en compte, exprimés en BEF de 1993, sont donc les suivants :

- autoroute : 0,595 BEF/véhicule\*km;
- voirie urbaine : 0,684 BEF/véhicule\*km;
- autres routes : 0,559 BEF/véhicule\*km;

Il est à noter que, lorsque la vitesse moyenne des véhicules augmente dans les scénarios avec projet, la consommation énergétique des véhicules tend à diminuer, et cela même si un allongement des parcours est constaté. Il est donc vraisemblable que l'on puisse assister non pas à une détérioration de la qualité de l'air, mais bien à une amélioration. L'approche suivie conduit par conséquent à une estimation plutôt pessimiste de l'impact du facteur nuisances atmosphériques sur la rentabilité économique du projet.

### 3.3.3. Les autres variations de coût à charge de la collectivité

D'autres coûts à charge de la collectivité pourraient être pris en considération. Ils n'ont toutefois pas été abordés de manière détaillée dans le cadre de ces études, parce que leur estimation est difficile ou subjective, et parce que leur impact sur le taux interne de rentabilité est faible, comparé à celui du montant des investissements et de la valeur des gains de temps des usagers.

Il en est ainsi notamment, des impacts du projet sur les caractéristiques et spécificités du site auquel il doit s'insérer, en particulier des atteintes éventuelles aux qualités du paysage et à la pérennité des biotopes particuliers que l'ouvrage longe ou traverse : ces aspects ne sont pas évalués, faute d'études et/ou de méthodes d'évaluation suffisamment fiables.

<sup>23</sup>

Les données des simulations de trafic indiquent que la congestion sur la liaison n'atteint jamais un niveau élevé tel que ceux observés dans les grandes capitales, ce qui conduit à rejeter la valeur extrême de 1,249 BEF de 1989/véhicule\*km proposée dans les cas de congestion élevée.

## **4. EVALUATION DU PROJET**

### **4.1. Rentabilité de l'investissement**

A partir des données relatives aux variations de coût estimées dans le cadre de la section 3, un échéancier de l'ensemble des variations est établi.

A partir de ces données, le **taux de rendement interne** du projet et la **valeur actualisée nette** peuvent être calculés.

Dans la plupart des études coûts/avantages, le coût d'investissement et les gains de temps s'avèrent les principaux facteurs influençant la rentabilité, (ceci a été confirmé dans les études économiques réalisées par STRATEC) suivis ensuite par la valeur résiduelle de l'investissement.

### **4.2. Analyse de sensibilité**

Le taux interne de rentabilité, évoqué ci-avant, correspond au scénario de base, c'est-à-dire à la combinaison des hypothèses considérées comme les plus plausibles. Toutefois, il est opportun de vérifier dans quelle mesure la rentabilité de la liaison est susceptible de se détériorer en cas de dégradation de certaines de ces hypothèses.

Les tests réalisés portent en général sur les hypothèses relatives aux facteurs influençant en ordre principal la rentabilité du projet, à savoir, dans bien des cas, le coût de l'investissement et la valeur des gains de temps des usagers.

En ce qui concerne les investissements, la sensibilité de la rentabilité a été testée par rapport au scénario de référence, en considérant :

- l'augmentation généralisée de 15 % des coûts d'investissement;
- le retard de la mise en service de l'ouvrage, du fait du ralentissement du rythme des investissements.

En ce qui concerne les gains de temps, l'hypothèse testée est celle selon laquelle 75 % seulement des gains de temps escomptés pour les usagers se concrétiseraient effectivement.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

1. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (CCE), DG XIII  
Telecommunications Information Industries and Innovation, "Evaluation process for road transport informatics", EVA-Manuel, Munich, December 1991.
2. DELEPIERE - DRAMAIS (ULB)  
"calcul du coût des accidents de la route, de chemins de fer et de transport aérien (au départ de la méthodologie établie par MM. Dubus et Befahy dans l'étude sur le coût des accidents de transport terrestre)", Institut de Sociologie, Groupe d'Economie des Transports ULB, Bruxelles, 2 octobre 1989.
3. MAYERES (KUL)  
"The marginal external costs of care use (with application to Belgium)", Centre for Economics Studies, KUL, Leuven, 1993.
4. BLAUWENS, VERTONGEN, DE DONNEA, GLEJSER  
"Poursuite de la construction du réseau routier belge", Analyse Coûts-Bénéfices, Bruxelles, 1981.
5. PETTIAU, DELEPIERE - DRAMAIS (ULB)  
"Approfondissement du calcul du compte routier pour la Belgique", Institut de Sociologie, Groupe d'Economie des Transports, ULB, Bruxelles, Août 1991.
6. DEPARTMENT OF TRANSPORT (DT)  
Traffic Appraisal Manual, "Appendix 8 : Highways Economics Note nE2 (1989), Values of Time and Vehicle Operating Costs", August 1991.
7. MINISTERE FRANÇAIS DE L'URBANISME, DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS  
"Méthodes d'évaluation des investissements routiers en rase campagne et en milieu urbain, Lettre circulaire du 14 mars 1986 relative aux recommandations pour le calcul économique et l'évaluation des projets dans le secteur des transports. Instructions relatives aux méthodes d'évaluation des investissements routiers en rase campagne et en milieu urbain", Fascicule spécial nE86-11 bis, Direction des routes, Paris, mars 1986.
8. DE MIL  
"Kosten en baten van de uitbouw van het belgisch wegennet : een grondige analyse", Rijksuniversiteit Gent, Ministerie van Openbare Werken, Gent, april 1984.
9. LE MONITEUR BELGE DE L'AUTOMOBILE  
- nE 1023 (18.02.83);  
- nE 1024 (04.03.93).

10. INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUES  
"Statistiques des Véhicules à Moteur", Bruxelles, 1992.
11. OECD  
"Energy statistics of OECD countries 1990-1991", IEA Statistics, Paris, 1993.
12. INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUES  
"Statistiques d'accidents", Bruxelles, 1992.
13. INSTITUT DU TRANSPORT ROUTIER  
"Statistiques", Bruxelles, 1993.
14. TRENDS TENDANCES  
"Top 5000", Bruxelles, 1992.
15. CENTRE D'ETUDES DES TRANSPORTS URBAINS  
"Guide du Bruit des Transports Terrestres : Prévion des Niveaux Sonores",  
Ministère français de l'Environnement et du Cadre de Vie, Ministère français des  
Transports, Bagneux, novembre 1980.