

JUSTIFICATION D'INVESTISSEMENTS POUR DES ROUTES A FAIBLE TRAFIC FONDEE SUR L'INDICATEUR DU TAUX DE RENTABILITE IMMEDIATE EN EMPLOYANT DES GAINS SUR LES COUTS D'EXPLOITATION DES VEHICULES

J. ARON
BCEOM – Société Française d'Ingénierie, France
j.aron@bceom.fr

RESUME

On effectue habituellement une analyse économique afin de faciliter le processus de décision concernant des investissements routiers. Normalement une telle analyse se fait pendant la phase d'étude de faisabilité pour comparer plusieurs options d'aménagement. Dans les pays en voie de développement et les pays émergents, les besoins d'amélioration des infrastructures routières sont élevés alors que les ressources financières sont limitées et beaucoup de routes ont des niveaux de trafics faibles. Dans de tels cas de figure, les niveaux d'investissements acceptables seraient relativement bas, si lesdits investissements ne devaient être justifiés que par les gains sur les coûts d'exploitation des véhicules (CEV) résultant en un taux de rentabilité acceptable, égal ou supérieur à 12%.

Cet article présente les avantages d'une méthode d'évaluation économique simplifiée, fondée sur le calcul du Taux de Rentabilité Immédiate (TRIM) en tant qu'indicateur économique préliminaire, avant de procéder à une analyse plus fastidieuse, qui nécessiterait plus de moyens et prendrait plus de temps, par exemple, en employant HDM4.

La méthodologie décrite dans le présent article a donc pour objet d'aider en particulier les ingénieurs et les économistes des transports, afin d'évaluer rapidement l'avantage économique des aménagements routiers sur des routes à faible trafic dans les pays en voie de développement.

1. VALEURS TYPE DES COUTS D'EXPLOITATION DES VEHICULES (CEV)

L'auteur a calculé une série de CEV, fondée sur l'évaluation de projets routiers réalisés pendant la période 1997-2005 dans neuf régions/ pays [1] (Amérique Centrale, Tchad, Haïti, Côte d'Ivoire, Kenya, Madagascar, Niger, Rwanda, Swaziland) à l'aide de l'un des programmes-logiciels développés par la Banque Mondiale [2] (HDM-VOC, HDM-MAN, HDM4, RED 3.2). Lesdits CEV ont été calculés pour plusieurs catégories de véhicules et pour des indices de défaut d'uni IRI (International Roughness Index) allant de 2 à 15, ainsi que pour des conditions de relief moyennes (sinuosité de 150°/km et dénivelé cumulé moyen absolu d'environ 4m/km). Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 1 – Valeurs moyennes de CEV pour différentes catégories de véhicules et de valeurs de défaut d’uni IRI entre 2 et 15 (US\$/véh-km)

Valeurs IRI	Voiture	Camionnette	Minibus	Autobus	Cam. Moyen	Cam. Lourd	Ens. Articulé
2	0,246	0,276	0,342	0,737	0,607	0,940	1,339
3	0,251	0,284	0,347	0,750	0,635	0,970	1,383
4	0,260	0,297	0,358	0,770	0,676	1,017	1,445
5	0,272	0,310	0,371	0,791	0,715	1,064	1,509
6	0,284	0,324	0,384	0,813	0,754	1,111	1,575
7	0,297	0,340	0,398	0,836	0,794	1,155	1,642
8	0,312	0,359	0,412	0,861	0,834	1,207	1,713
9	0,333	0,382	0,430	0,891	0,878	1,258	1,792
10	0,352	0,405	0,449	0,920	0,917	1,301	1,863
11	0,374	0,432	0,471	0,957	0,964	1,357	1,955
12	0,396	0,458	0,492	0,996	1,011	1,419	2,043
13	0,418	0,484	0,533	1,038	1,065	1,496	2,123
14	0,440	0,511	0,558	1,078	1,112	1,554	2,210
15	0,464	0,539	0,582	1,121	1,161	1,616	2,298

Le CEV d’une voiture particulière sur chaussée en très bon état (IRI = 2) a été estimé à environ 0,25 US\$/km.

Les résultats des CEV ci-dessus ont été convertis en coefficients par rapport au CEV d’une voiture particulière circulant sur une route dont l’uni est égal à 2 et pour lequel le coefficient est fixé à 1,0 (cf. tableau 2).

Tableau 2 – Coefficients CEV moyens pour différentes catégories de véhicule and défaut d’uni (valeurs IRI) entre 2 et 15

Valeurs IRI	Voiture	Camionnette	Minibus	Autobus	Cam. Moyen	Cam. Lourd	Ens. Articulé
2	1,000	1,125	1,393	3,001	2,473	3,829	5,453
3	1,023	1,158	1,414	3,054	2,588	3,950	5,633
4	1,061	1,208	1,459	3,136	2,755	4,143	5,888
5	1,107	1,261	1,513	3,222	2,911	4,333	6,147
6	1,156	1,320	1,564	3,313	3,072	4,525	6,416
7	1,209	1,384	1,622	3,407	3,234	4,707	6,689
8	1,271	1,462	1,680	3,507	3,396	4,916	6,976
9	1,355	1,555	1,753	3,628	3,575	5,124	7,298
10	1,432	1,648	1,831	3,748	3,735	5,298	7,590
11	1,524	1,760	1,917	3,899	3,927	5,527	7,963
12	1,613	1,865	2,004	4,058	4,117	5,780	8,323
13	1,702	1,973	2,172	4,229	4,336	6,092	8,648
14	1,793	2,083	2,271	4,391	4,531	6,330	9,000
15	1,889	2,196	2,373	4,566	4,730	6,581	9,362

Par exemple, le CEV d’un ensemble articulé pour des conditions de chaussée les moins favorables (IRI égal à 15), serait d’environ 9,4 fois supérieur à celui d’une voiture particulière sur chaussée en très bon état (IRI égal à 2).

L’avantage principal de la présentation des CEV en termes de coefficients, réside dans le fait qu’il suffirait de connaître une seule valeur de CEV (vraisemblablement d’un véhicule particulier sur chaussée en bon état) afin d’estimer l’ensemble des CEV pour les autres catégories de véhicules et des valeurs d’uni différentes.

2. CONDITIONS TYPE DE CHAUSSÉE

L'état de la chaussée existante a été défini en termes de valeurs d'uni pour six cas type (cf. ci-dessous):

Tableau 3 – Etat de chaussée et valeurs IRI correspondants

Etat de chaussée	Revêtu	Revêtu	Revêtu	Non-Revêtu	Non-Revêtu	Non-Revêtu
	Moyen	Mauvais	Très mauvais	Moyen	Mauvais	Très Mauvais
Uni supposé (IRI)	5	8	12	8	12	15

Il a été supposé qu'un IRI égal à 12 désigne une chaussée revêtue en fin de vie (chaussée détruite).

3. LE TAUX DE RENTABILITE IMMEDIATE (TRIM) EN TANT QU'INDICATEUR D'ANALYSE ECONOMIQUE

On peut estimer la rentabilité économique d'un projet routier en calculant divers indicateurs économiques, tels que, la valeur actualisée nette (VAN), le taux de rentabilité interne (TRI), le taux de rentabilité immédiate (TRIM), le ratio VAN/Coût.

Des indicateurs tels que la VAN et le TRI prennent en considération le cash-flow des coûts et bénéfiques sur la période d'analyse, qui varie normalement entre 15 et 25 ans. Néanmoins, le TRIM a été choisi dans le cadre de l'analyse actuelle, principalement en raison de sa simplicité d'utilisation. Le TRIM est simplement la somme des bénéfices de la première année de mise en service, divisée par la valeur actualisée du coût d'investissement (exprimé en pourcentage):

$$\text{TRIM (\%)} = \frac{\text{Bénéfices de la première année de mise en service}}{\text{Coût actualisé de l'investissement}}$$

Si le TRIM calculé est supérieur au taux d'actualisation convenu (dans ce cas 12%) alors le projet est considéré opportun et devrait être réalisé. Si le TRIM calculé est inférieur au taux d'actualisation, la réalisation du projet devrait être décalée et des calculs complémentaires effectués pour déterminer la date optimale de mise en service.

Parmi les avantages du TRIM on peut énumérer la facilité de calcul, le fait d'éviter la nécessité de prévision du trafic sur l'ensemble de la période d'analyse et qu'il est un indicateur qui puisse le mieux aider à déterminer la date opportune de réalisation et de mise en service du projet en question.

La formule précitée prend en considération le cas où le coût d'investissement est réparti sur plusieurs années, mais pour des raisons de simplification, dans l'exemple donné, il a été supposé que l'investissement se faisait au cours d'une seule année, celle qui précède la mise en service.

4. CALCUL DES BENEFICES DE LA PREMIERE ANNEE

Les CEV dépendent de la composition du trafic, et en particulier du pourcentage des poids lourds. Dans l'analyse présentée il a été supposé que la composition du trafic au sein des

deux catégories principales de véhicule (véhicule légers/passagers et poids lourds/camions) est la suivante:

Tableau 4 – Composition supposée du trafic des deux catégories principales

Véhicules légers / de passagers

Voiture	Camionnette	Minibus	Autobus	Total
30%	30%	25%	15%	100%

Poids lourds/ camions

Cam. Moyen	Cam. Lourd	Ens. Articulé	Total
50%	30%	20%	100%

En maintenant constante la répartition ci-dessus au sein de chacune des deux catégories principales, les calculs effectués portent sur la part respectives de chacune d'elles selon les hypothèses du tableau suivant:

Tableau 5 – Répartition du trafic en fonction du pourcentage de poids lourds

Composition type	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9
Véhicules légers/passagers	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
Poids lourds	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%

Pour la première année les bénéfices sur les CEV ont été calculés (pour un km de route) en soustrayant des CEV annuels calculés pour une chaussée en bon état ceux calculés pour différents états de chaussée (cf. supra paragraphe 2.) et pour différents trafics moyens journaliers (TMJ) et les 9 types de répartition considérés ci-dessus.

5. CALCUL DES TRIM

Les TRIM ont été calculés pour les différentes alternatives de reclassement (amélioration) de l'état de chaussée existante vers l'état « très bon ». Les coûts d'investissement pris en considération se situent dans une fourchette de 50 000 à 500 000 US\$/km. Les calculs ont été effectués pour les 9 types de réparation du trafic ci-dessus. Par ailleurs, en définissant la qualité de la couche de roulement en fonction de l'indice IRI (cf. Tableau 3), on peut distinguer les quatre possibilités de reclassement suivantes:

- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Revêtu moyen - Revêtu moyen ou Non-revêtu moyen - Revêtu très mauvais ou Non-revêtu mauvais - Non-revêtu très mauvais | | reclassement à une route revêtu
en bon état (des 4 catégories ci-contre) |
|--|--|---|

Les TRIM ont été calculés pour les catégories de reclassement ci-dessus et les coûts unitaires d'investissement pour tous les cas de figure où le TRIM était égal ou supérieur au seuil de 12%. Un exemple pour le reclassement d'une chaussée revêtu en état moyen à une chaussée en bon état est présenté dans le tableau suivant:

Tableau 6 – Reclassement d'une chaussée en état moyen – coût d'investissement maximum en '000 US\$/km pour un TRIM \geq 12%

		% Poids lourds								
TMJ	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	
50	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	
100	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	
150	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	50	50	
200	n/d	n/d	n/d	n/d	50	50	60	60	70	
250	n/d	n/d	n/d	50	60	70	70	80	90	
300	n/d	n/d	50	60	70	80	90	100	110	
350	n/d	50	60	70	80	90	100	110	120	
400	50	60	70	80	100	110	120	130	140	
450	60	70	80	100	110	120	130	150	160	
500	60	80	90	110	120	140	150	160	180	

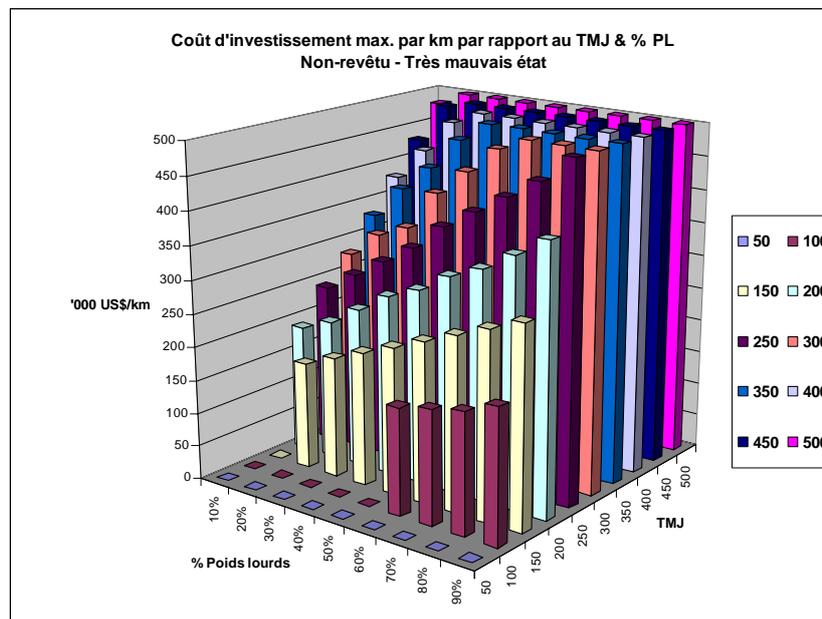
Les chiffres du tableau ci-dessus montrent que même lorsque le TMJ est relativement élevé et le pourcentage des poids lourds considérable, uniquement des investissements modérés, voire très faibles, garantiraient une rentabilité économique de 12% et plus. En dessous d'un certain seuil de trafic, les projets ne se justifieraient plus, quels que soient le niveau d'investissement et la part du PL dans le trafic total. Par exemple, pour un TMJ de 300 véh./jour et 30% PL, le montant unitaire d'investissement devrait être au maximum de 50 000 US\$/km pour atteindre un TRIM de 12%.

Le tableau et la figure suivante illustrent les résultats obtenus pour le cas le plus extrême, celui du reclassement d'une route non-revêtue en très mauvais état en une route revêtue en bon état.

Tableau 7 – Reclassement d'une chaussée en très mauvais état – coût d'investissement maximum en '000 US\$/km pour un TRIM \geq 12%

		% Poids lourds								
TMJ	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	
50	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	
100	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	160	170	180	200	
150	n/d	160	180	200	220	240	260	280	300	
200	190	210	240	270	290	320	340	370	400	
250	240	270	300	330	370	400	430	460	500	
300	280	320	340	400	440	480	500	500	500	
350	330	380	420	470	500	500	500	500	500	
400	380	430	480	500	500	500	500	500	500	
450	430	490	500							
500	480	500								

Figure 1 - Reclassement d'une chaussée en très mauvais état – coût d'investissement maximum en '000 US\$/km pour un TRIM $\geq 12\%$



6. COMMENTAIRES ET CONCLUSIONS

Souvent on a la tendance de vouloir améliorer l'état des routes en mauvais état à faible trafic en les reconstruisant en tant que routes revêtues en bon état. Dans la plupart des cas cela requiert l'emploi d'HDM ou d'un autre modèle similaire développé par la Banque Mondiale pour effectuer une analyse économique. Même lorsqu'on utilise un tableur classique, on s'attend à ce que les bénéfices principaux soient liés aux gains sur les CEV.

Les résultats de l'analyse présentée dans cet article montrent que le retour sur investissement (à un taux admissible de 12%) ne serait atteint à moins que le TMJ soit suffisamment élevé, et si possible le pourcentage des PL important, lorsque les gains sur les CEV seraient seuls à l'origine des bénéfices escomptés. Or dans la plupart des cas, la composante PL dépasse rarement les 30% - 40%. Le passage d'une route non-revêtue à une route revêtue peut coûter 300 000 US\$/km et plus. Par conséquent on pourra supposer que le trafic sur la route en question devrait être de l'ordre de 200 – 300 véhicules/jour pour que sa construction en tant que route revêtue soit justifiée du point de vue économique et sur la base des gains sur les CEV. Par exemple, sur la base de l'analyse faite, le passage d'une route non-revêtue en très mauvais état à une route revêtue en bon état justifierait un investissement de 300 000 US\$/km, pour un TMJ ≥ 250 avec une composante PL de 30%. Pour le même type de travaux un investissement de 500 000 US\$/km et plus serait justifié si le TMJ ≥ 500 .

Des valeurs IRI prudentes ont été prises en compte pour décrire l'état des routes non-revêtues (plutôt basses). Toutefois, si ces valeurs d'uni étaient plus élevées, par exemple, IRI=20 pour une route non-revêtue en très mauvais état, les bénéfices escomptés seraient plus élevés justifiant ainsi un investissement plus important. L'analyse faite démontre qu'il est peu probable que des routes non-revêtues dont le TMJ prévu lors de la mise en service en tant que route revêtue, soit de 200 véh./jour ou moins, justifient leur bitumage

uniquement sur la base des gains CEV. Dans ces cas la justification économique de l'investissement pourrait se faire principalement de deux manières:

- Par la construction d'une bonne route non-revêtue aux normes, y compris les ouvrages d'art et les aménagements de drainage adéquats.
- Par le calcul de bénéfices additionnels, autres que sur les CEV, par exemple, la croissance de la production agricole dont les avantages pourraient justifier l'investissement nécessaire. On pourrait également prendre en considération des avantages peu ou non-quantifiables, tels que l'aménagement du territoire national/ régional, les avantages liés à l'environnement, les avantages sociaux, etc.

En conclusion, le TRIM peut être utilisé en tant qu'indicateur économique afin d'estimer rapidement le retour sur investissement d'un projet routier, sur la base des gains de CEV, et ce, avant de statuer sur la nécessité d'effectuer une analyse économique plus détaillée. Le résultat obtenu pourrait alors indiquer s'il y a lieu de procéder à une analyse économique complète ou d'adopter une autre méthode d'évaluation.

La procédure de calcul du TRIM, en tant qu'indicateur économique préliminaire, résultant de la recherche présentée dans cet article, peut se résumer comme suit:

- estimer le TMJ et la composition du trafic pour la première année de mise en service
- calculer le CEV pour un "véhicule passagers" (coût/veh-km)
- utiliser les coefficients CEV donnés au Tableau 2 pour étendre le calcul à l'ensemble des catégories de véhicules (afin d'obtenir un tableau similaire à celui présenté au Tableau 1, mais applicable au cas envisagé)
- estimer l'état de la chaussée "avant" et "après" en termes d'uni de chaussée, exprimé en valeurs IRI
- calculer les gains sur les CEV annuels pour le TMJ et la composition du trafic donnés et pour la longueur de la route analysée
- estimer les coûts de construction/ investissement nécessaire pour passer de l'état "avant" à l'état "après" (pour la même année que celle des bénéfices/ gains CEV)
- calculer le TRIM en divisant les gains sur les CEV (bénéfices) de la première année par le coût d'investissement.

Si le résultat obtenu est égal ou supérieur au taux d'actualisation admis (dans ce cas 12%), le projet serait viable du point de vue économique et on pourra alors procéder à une analyse économique plus fine, si besoin est. Evidemment, on peut décider d'effectuer une analyse économique détaillée si le TRIM est en dessous dudit taux d'actualisation, par exemple entre 9% et 11%, en admettant un seuil de 12%. Néanmoins, si le TRIM calculé est plus bas, il faudra soit considérer d'autres types de reclassement soit prendre en considération d'autres bénéfices que ceux provenant des CEV, afin de pouvoir justifier l'investissement routier.

RÉFÉRENCES

1. Projects/ studies carried out by BCEOM (on its own or in conjunction with other firms)
 - Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA): Estudio Centroamericano de Transporte (ECAT). 2000.
 - République du Tchad: Etude de l'aménagement de la route Doba - Sarh. 2004.
 - République d'Haïti: Plan National de Transport. 1997-1998.
 - République de Côte d'Ivoire: Etude pour la mise en place d'un système péage – pesage sur le réseau revêtu. 2002 – 2003.

- Republic of Kenya: Rehabilitation of Mai-Mahiu – Naivasha Road (C88) and Naivasha – Lanet Road (A104). 2003.
- République de Madagascar: Etudes détaillées de la RN13 entre Ihosy et Fort Dauphin. 2005.
- République du Niger: Etude de réhabilitation de la route Niamey – Torodi – Frontière Burkina Faso. Etude de faisabilité économique. 1999.
- République du Rwanda: Préparation du cadre sectoriel et programme d'investissement. Analyse économique de 10 projets routiers. 2001.
- Kingdom of Swaziland: Rehabilitation and upgrading of Mbabane – Ngwenya (MR3) road. Economic Evaluation. 2001.
- Kingdom of Swaziland: Mbabane Bypass Road. Economic Evaluation. 2002.

2. World Bank developed software programmes

- Estimating Vehicle Operating Costs (HDM-VOC). Rodrigo S. Archondo-Callo and Asif Faiz. World Bank Technical Paper Number 234. 1994./ Free-flow Vehicle Operating Costs Model (HDM-VOC) version 4.0. The World Bank.
- Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM) Manager version 3.0. June 1995. Rodrigo Archondo-Callao. The World Bank.
- Highway Development and Management System – HDM4 version 1.3. The World Bank.
- Road Economic Decision Model (RED) - version 3.2. User Manual - Rodrigo Archondo-Callao. SSATP Working Paper No.78. The World Bank. July 2004.