

RENFORCER OU REHABILITER NOS ROUTES ? L'AVIS DU MODELE HDM III

Par :

AKLI OURAD

Ingénieur au C.T.T.P. (Alger).

1 INTRODUCTION

Répartir les crédits alloués annuellement à l'entretien routier d'une manière convenable, voilà un casse tête pour toute autorité routière. Le mot convenable est à prendre dans une optique purement technico-économique.

En effet, cela revient à dire que ces crédits doivent être utilisés pour financer la stratégie d'entretien la plus appropriée et qui présente un intérêt économique réel, aussi bien pour l'Etat que pour l'usager de la route.

L'Algérie débourse environ 600 millions de DA pour les seules opérations de renforcement, somme peut être insuffisante mais cependant considérable pour qu'elle ne soit pas rentabilisée comme tout autre investissement consenti pour d'autres chapitres socio-économiques. C'est dans ce cadre que l'Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics (le CTTP) a été chargé par le ministère de l'Équipement et du Logement pour mener des études économiques sur tout programme d'entretien qu'il soit lourd (Renforcement) ou léger (Simple Réhabilitation ou autres). Ces études concernent aussi bien les projets financés par les banques étrangères que ceux couverts par des crédits locaux.

C'est dans cet objectif, qu'un premier travail, assez fastidieux, a été mené par nos soins pour déterminer les limites de rentabilité des deux principales opérations d'entretien que sont le **RENFORCEMENT** et la **REHABILITATION** tout en tenant compte de la variation de trois paramètres très importants :

- le trafic (Le T_{jma}),
- le défaut d'uni,
- l'investissement.

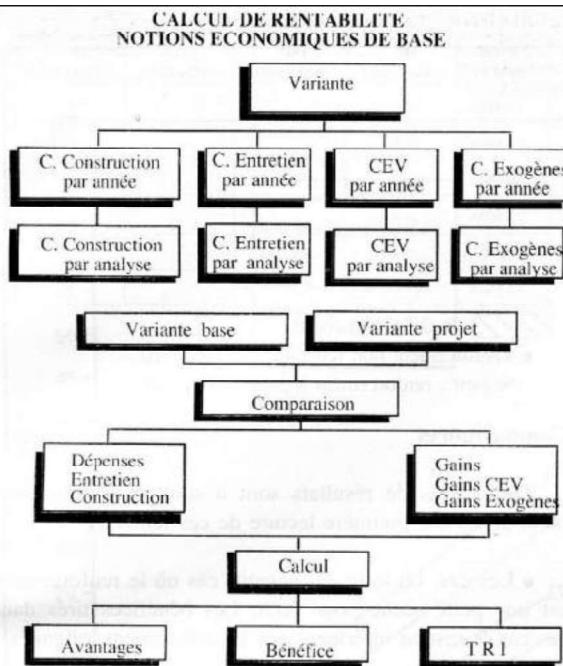
2 LE MODELE HDM III

Ce travail a nécessité l'utilisation du modèle informatique HDM III de la banque mondiale. Le programme permet essentiellement la simulation de la dégradation des routes et l'évaluation économique de toute stratégie d'entretien proposée.

Les différentes étapes de calcul sont dans l'ordre :

- la simulation de la dégradation,
- le calcul des quantités physiques de réparation,
- le calcul des coûts d'exploitation des véhicules (CEV),
- le calcul des coûts d'entretien et de construction,
- la comparaison des variantes d'entretien pour chaque année d'analyse,
- le calcul des avantages économiques, pour chaque variante et par année d'analyse,
- la détermination du bénéfice actualisé et du taux de rentabilité interne pour chaque variante.

Pour chaque triplet, trafic - uni et investissement, l'évaluation économique d'un renforcement ou d'une réhabilitation a été menée par comparaison par rapport à une variante de base qui consiste à laisser le tronçon de route se dégrader et ne boucher que les nids de poules. La comparaison se fait suivant le schéma ci-dessous :



- ◆ Surface : Etat de dégradation Bon ...
... UNI 2 500 mm / km.
Etat de dégradation Moyen...
... UNI 3 000 , 3 500 mm/km.
Etat de dégradation Mauvais...
... UNI 4 000 mm/km.
- ◆ Uni départ : 4 cas d'uni
500 , 3 000 , 3 500 et 4 000 mm/km
- ◆ Renforcement : Léger (5BB + 10GB)...
...UNI 2500 mm/km
Moyen (5BB + 15GB)...
...UNI 3000 , 3500 , mm/km
Lourd (5BB + 20GB)...
... UNI 4000 mm/km.

Sur ce tronçon d'étude d'un km, 7 cas de trafic alla de 1 000 v/j à 7 000 v/j ont été utilisés, au-delà de 7 000 v/j, le renforcement est justifié même pour un uni départ de 2 500 mm/km. La répartition moyenne nationale a été prise en considération et un facteur d'accroissement de 5% l'année a été pris pour toute période d'analyse.

3 RENTABILITE DES PROJETS DE RENFORCEMENT

La rentabilité des projets de renforcement est la première partie de cette étude du fait de la place qu'occupe le renforcement dans la hiérarchie des opérations d'entretien, ce renforcement étant le stade suprême de l'entretien routier. Cette opération intervient quand l'état structurel d'une route atteint un niveau de fatigue inacceptable, et les investissements mobilisés par cette opération d'entretien lourd sont généralement assez importants.

Hypothèses de calcul

Pour mener cette étude, les hypothèses de calcul économique ont été posées de telle sorte à se situer dans un cadre assez représentatif de l'environnement et de la géotechnique de la plus grande partie du réseau routier algérien. Le choix de ces hypothèses se base sur l'expérience acquise par le CTTM à travers les investigations et auscultations qu'il mène régulièrement sur tout le réseau national pour le compte de ses études de renforcement et la programmation de l'entretien routier. Voici un résumé de ces hypothèses :

- ◆ Section d'Etude : 1km
- ◆ Géométrie : Altitude 500 m
Sinuosité 150°/km
Largeur 7,50 m
Accotement 1m
- ◆ Sol de plate-forme : Argile plastique CBR = 5.
- ◆ Structure : Revêtement ES (30 m)
Base granulaire (200 mm)
Fondation granulaire (300 mm)

Pour chaque cas d'uni et de trafic, les investissements suivants :

1,0 ; 1,5 ; 2,0 ; 2,5 ; 3,0 ; 3,5 millions de DA / km ont été évalués et les limites de rentabilité déterminées.

Nous donnons ci-dessous un récapitulatif des résultats obtenus après les passages effectués avec le modèle HDM III.

TABLEAUX DONNANT LE TAUX DE RENTABILITE INTERNE EN FONCTION DE L'INVESTISSEMENT ET DU TRAFIC

UNI 2 500 mm/km (renforcement léger)

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 2000)	TRI (TJMA 3000)	TRI (TJMA 4000)
1.0 MDA				24.4
1.5 MDA	Négatif	Négatif	*11.7	*19.7
2.0 MDA	Négatif	Négatif	*6.1	*13.3
2.5 MDA	Négatif	Négatif	Négatif	*8.7
3.0 MDA	Négatif	Négatif	Négatif	*5.3
3.5 MDA	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif

UNI 2 500 mm/km (renforcement léger), suite

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 5000)	TRI (TJMA 6000)	TRI (TJMA 7000)	TRI (TJMA 8000)	TRI (TJMA 9000)
1.0 MDA	32.4	40.0	47.3	54.4	64.4
1.5 MDA	27.1	34.1	40.6	47.1	53.4
2.0 MDA	*19.8	25.8	31.6	37.3	42.6
2.5 MDA	*14.7	20.3	25.5	35.5	35.4
3.0 MDA	*10.9	*10.1	20.9	25.6	30.1
3.5 MDA	*7.9	*12.8	*17.4	21.7	25.9

1.5 MDA	Négatif	°8.9	°19.1	26.4
2.0 MDA	Négatif	°4.0	°12.3	20.5
2.5 MDA	Négatif	Négatif	°7.6	°15.1
3.0 MDA	Négatif	Négatif	°4.1	°11.1
3.5 MDA	Négatif	Négatif	°1.3	°7.9

1.5 MDA	62.2		
2.0 MDA	48.1		
2.5 MDA	38.9		
3.0 MDA	32.4		
3.5 MDA	27.5		

//// Routes à réhabiliter

● Renforcement non rentable, TRI < 20

Négatif : renforcement à perte, TRI < 0

UNI 3 000 mm/km (renforcement moyen), suite

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 5000)	TRI (TJMA 6000)	TRI (TJMA 7000)	TRI (TJMA 8000)
1.0 MDA	43.4	53.4	63.0	72.2
1.5 MDA	37.3	45.6	53.8	62.1
2.0 MDA	28.4	35.3	42.2	49.1
2.5 MDA	21.9	28.3	34.4	40.4
3.0 MDA	°17.4	23.2	28.8	34.2
3.5 MDA	°13.8	°19.3	24.5	29.5

UNI 3 500 mm/km (renforcement moyen)

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 2000)	TRI (TJMA 3000)	TRI (TJMA 4000)
1.0 MDA	////	20.8	34.5	47.1
1.5 MDA	Négatif	°16.1	28.4	39.5
2.0 MDA	Négatif	°9.5	20.3	29.7
2.5 MDA	Négatif	°4.9	°14.6	23.1
3.0 MDA	Négatif	°1.5	°10.5	°18.3
3.5 MDA	Négatif	Négatif	°7.3	°14.6

UNI 3.500 mm/km (renforcement moyen), suite

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 5000)	TRI (TJMA 6000)	TRI (TJMA 7000)	TRI (TJMA 8000)
1.0 MDA	59.0	70.5		
1.5 MDA	50.1	60.3		
2.0 MDA	38.5	45.0		
2.5 MDA	30.8	38.2		
3.0 MDA	25.3	32.2		
3.5 MDA	21.2	27.3		

UNI 4 000 mm/km (renforcement lourd)

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 2000)	TRI (TJMA 3000)	TRI (TJMA 4000)
1.0 MDA	////	28.1	44.1	58.7
1.5 MDA	°5.5	22.4	36.6	49.6
2.0 MDA	°2.1	°14.9	27.1	37.8
2.5 MDA	Négatif	°9.7	°20.5	°30.1
3.0 MDA	Négatif	° 5.9	°15.8	24.9
3.5 MDA	Négatif	°2.9	°12.2	20.2

Commentaires

Trois types de résultats sont à souligner immédiatement après une première lecture de ces tableaux.

● Les cas où le tri est négatif, cas où le renforcement est une perte sèche pour l'état. Les bénéfices tirés dans ces cas là restent inférieurs aux investissements engagés.

● Les cas où le tri est inférieur à 20%, valeur au-delà de laquelle le renforcement est considéré comme projet non rentable du fait que le taux d'intérêt bancaire est pris à 18% actuellement.

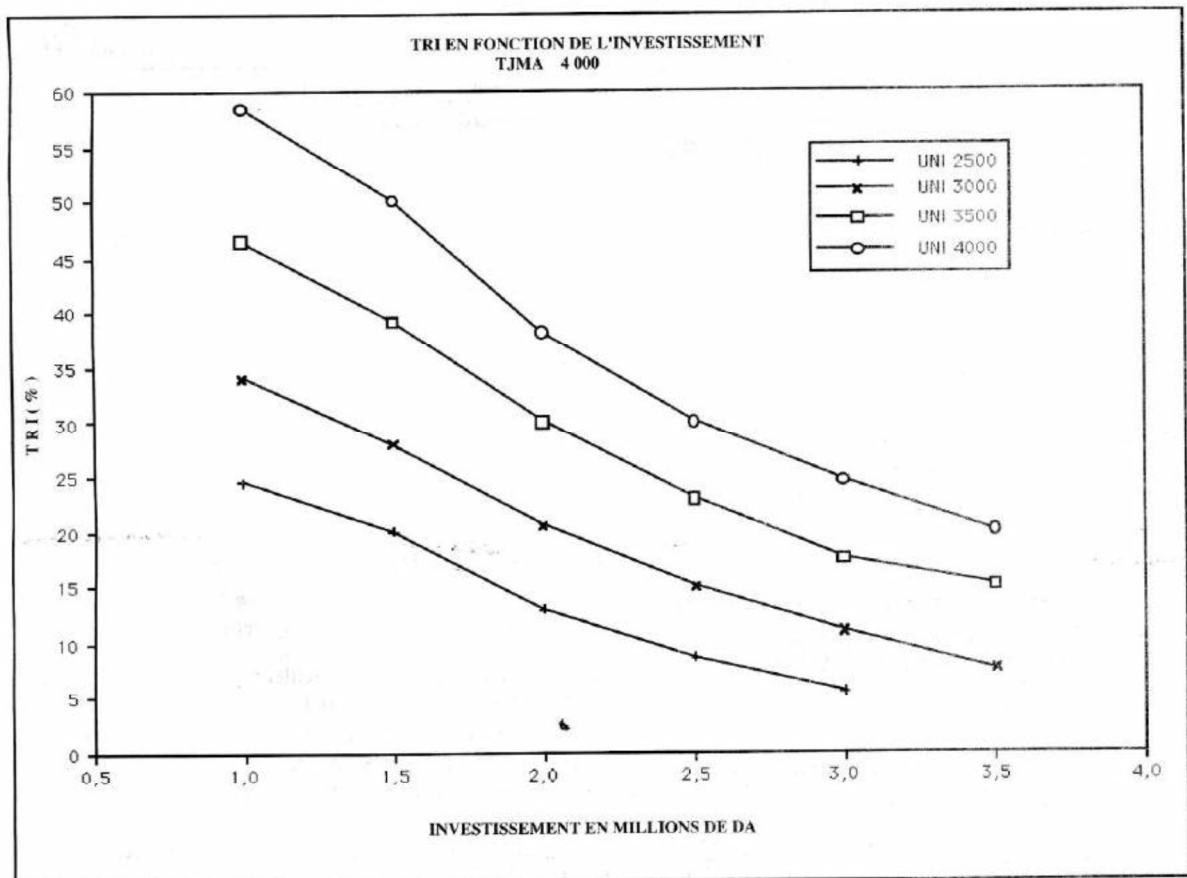
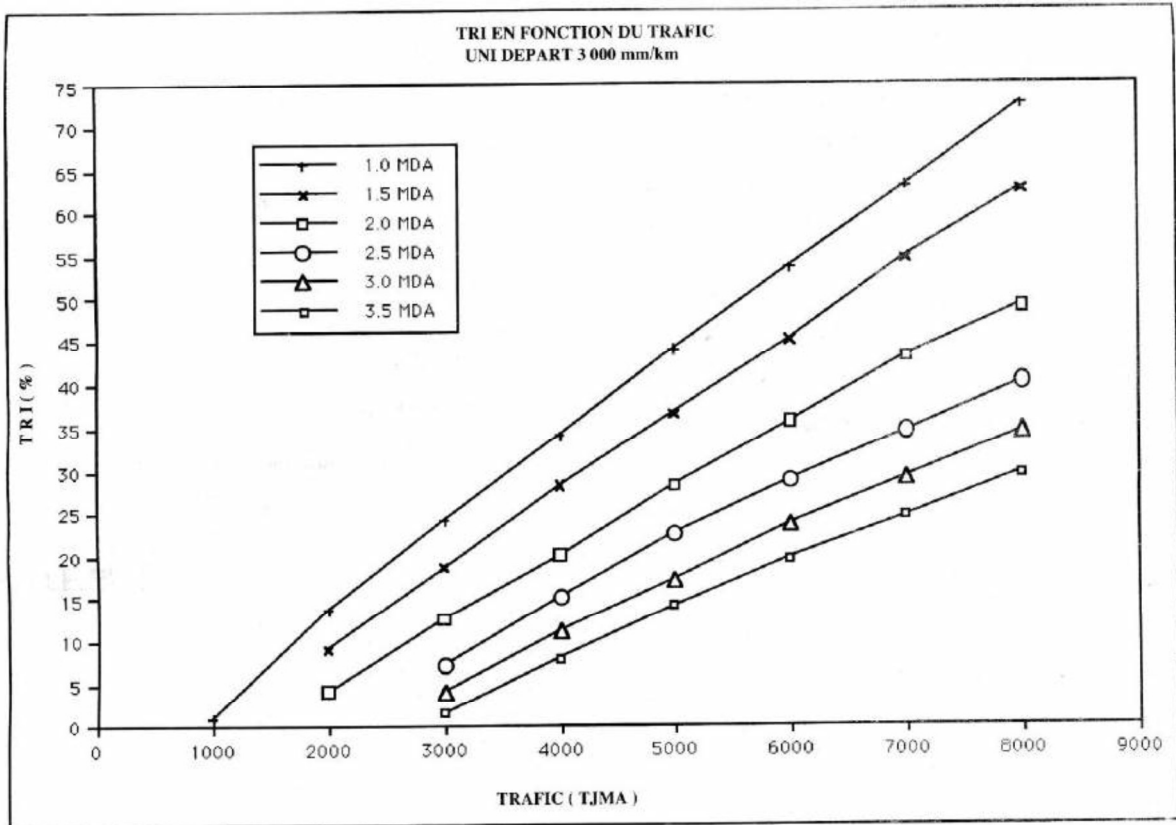
● Les cas où le tri est supérieur à 20% et c'est à cette seule condition que le renforcement est justifié économiquement et donc acceptable.

Pour les trafics faibles, inférieurs à 3 000 v/j, le renforcement n'est pas justifié même pour des investissements assez minces comme le 1,0 million de DA/km. Toutefois pour le cas d'uni de départ de 4 000 mm/km, le renforcement est justifié à partir de 2 000 v/j mais jusqu'à 1.5 million de DA /km seulement.

Pour tous ces cas, la solution réhabilitation est la plus indiquée pour maintenir ces routes en état jusqu'à ce que les trafics subissent une augmentation capable de générer des gains en CEV pour rendre rentable le renforcement. Pour une meilleure exploitation des résultats, des courbes donnant le TRI en fonction des trafics pour chaque cas d'uni et d'investissement ont été tracées. Sur ces courbes, tous les trafics intermédiaires peuvent être lus. Nous donnons ci-dessous, le graphique pour le cas d'uni 3 000 mm/km.

Une autre forme de courbes à été sortie de ces résultats. Il s'agit des courbes donnant le TRI en fonction des investissements pour chaque d'uni et de trafic. Ces courbes permettent aux utilisateurs de ces résultats de choisir parmi une variété d'investissements rentables, tout en ayant la possibilité d'aller au maximum de ce dernier pour se permettre le cas échéant des travaux sur les dépendances de la route en les incluant dans l'investissement total.

Nous présentons toujours le graphique donnant les courbes pour le cas d'uni de 3 000 mm/km et pour un trafic de 4 000 v / j.



4 RENTABILITE DES PROJETS DE REHABILITATION

La deuxième partie de cette étude concerne donc la rentabilité de ce nouveau concept qu'est la réhabilitation. Il n'est pas question de définir dans cet article ce qu'est techniquement la réhabilitation mais d'essayer de cerner les limites possibles de rentabilité de cette nouvelle notion d'entretien allant du traitement de l'assainissement aux revêtements généralisés.

C'est dans cette optique que deux cas de travaux considérés comme une simple réhabilitation ont été évalués, ce sont :

- le simple enduisage avec reprofilage,
- le simple rechargement.

L'opération assainissement n'a pu être prise en considération pour la simple raison que le modèle HDM III ne prévoit pas l'effet d'assainissement sur la portance d'une structure. Par contre, une somme couvrant cette opération peut être incluse dans l'investissement final.

Hypothèses de calcul

Pour cette seconde partie, les hypothèses concernant la géométrie, le sol de plate-forme et la surface n'ont pas été changés ; par contre, la structure a été choisie pour être représentative des chaussées à faible trafic que représente la majeure partie des chemins de wilaya et la plupart des routes sahariennes. Elle se présente comme suit :

Structure : Revêtement, enduit superficiel - base fondation, granulaire (300 mm).

Les mêmes 4 cas d'uni ont été repris. Le 2 500, 3 000, 3 500 et 4 000 mm/km.

Cinq cas de trafic ont été utilisés, 500, 1 000, 1 500, 2 000, 2 500 v/j avec toujours la répartition moyenne nationale.

Pour l'opération simple enduisage (bicouche de 30 mm). Trois cas d'investissement ont été évalués : 0,2 ; 0,3 ; 0,4 MDA/km

Pour le simple rechargement (BB de 50 mm). Trois cas d'investissements ont été aussi évalués.

Nous donnons ci-après les résultats obtenus pour ces opérations.

TABLEAUX DONNANT LE TAUX DE RENTABILITE INTERNE EN FONCTION DE L'INVESTISSEMENT ET DE TRAFIC

UNI 2 500 mm/km (simple rechargement)

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 500)	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 1500)	TRI (TJMA 2000)	TRI (TJMA 2500)
0.2 MDA	°7.3	29.1	45.0	62.1	75.2
0.8 MDA	°1.1	°19.3	33.1	47.3	56.3
1.0 MDA	Négatif	°9.4	21.3	33.1	43.1

UNI 2 500 mm/km (simple rechargement), suite

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 500)	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 1500)	TRI (TJMA 2000)
0.6 MDA	°0.4	°9.3	34.1	50.2
0.8 MDA	Négatif	°2.5	26.0	39.9
1.0 MDA	Négatif	°4.4	15.1	26.1

UNI 3 000 mm/km (simple enduisage)

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 500)	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 1500)	TRI (TJMA 2000)
0.2 MDA	°6.5	°29.4	46.0	63.2
0.3 MDA	°1.5	20.1	34.0	48.3
0.4 MDA	Négatif	°10.1	22.1	34.5

UNI 3 000 mm/km (simple rechargement)

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 500)	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 1500)	TRI (TJMA 2000)
0.6 MDA	°6.4	°26.6	43.2	61.3
0.8 MDA	1.1	°17.5	33.4	47.2
1.0 MDA	Négatif	°9.5	20.3	32.5

UNI 3 500 mm/km (simple enduisage)

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 500)	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 1500)	TRI (TJMA 2000)
0.2 MDA	°9.3	°30.3	47.3	65.1
0.3 MDA	°2.2	°19.7	34.5	49.4
0.4 MDA	Négatif	°10.5	23.0	35.5

UNI 3 500 mm/km (simple rechargement)

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 500)	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 1500)	TRI (TJMA 2000)
0.6 MDA	°11.6	°34.1	52.3	73.1
0.8 MDA	°5.6	23.1	40.7	58.0
1.0 MDA	Négatif	°14.3	28.1	40.4

UNI 4 000 mm/km (simple enduisage)

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 500)	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 1500)	TRI (TJMA 2000)
0.2 MDA	°8.5	°29.4	46.0	
0.3 MDA	°1.5	20.1	34.0	
0.4 MDA	Négatif	°10.1	22.1	

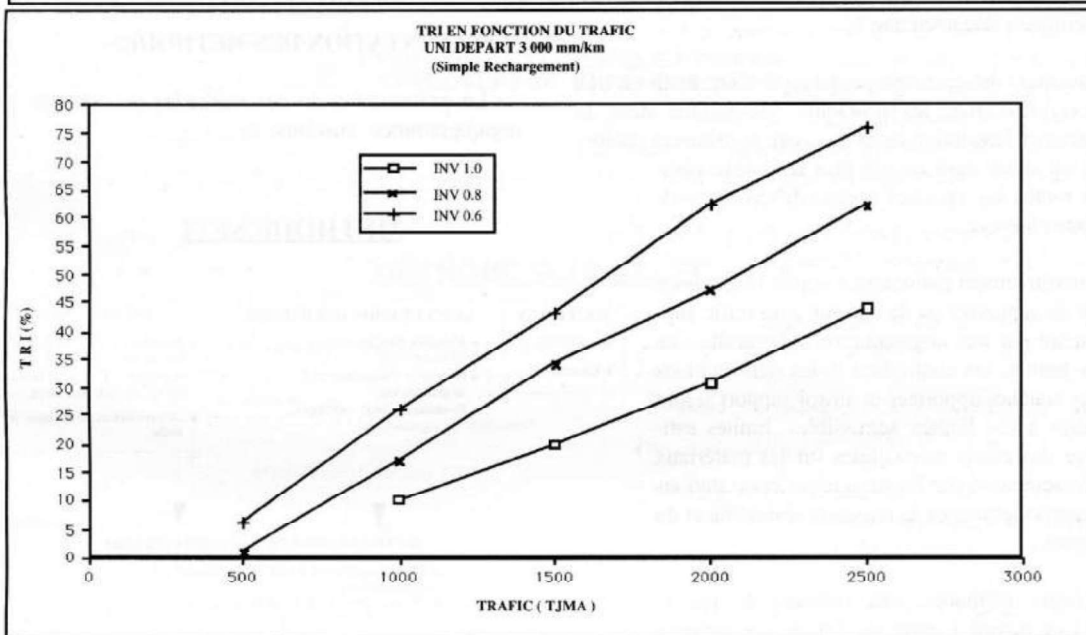
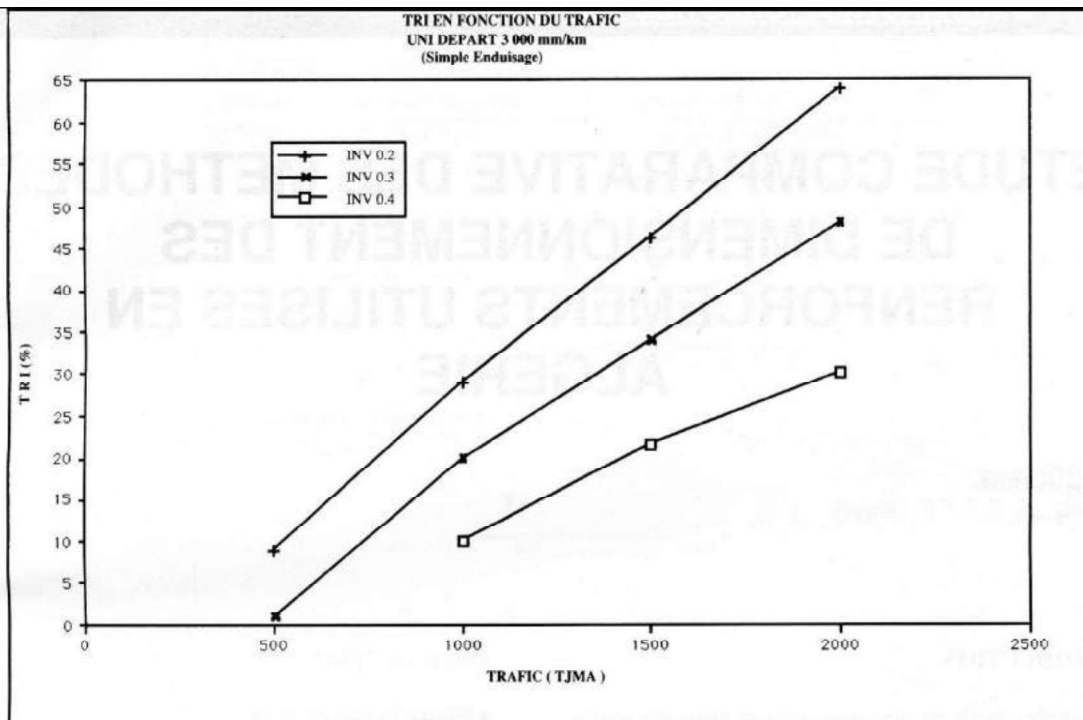
UNI 4 000 mm/km (simple rechargement)

TRAFIC INVEST	TRI (TJMA 500)	TRI (TJMA 1000)	TRI (TJMA 1500)	TRI (TJMA 2000)
0.6 MDA	°6.4	°26.6	43.2	
0.8 MDA	°1.1	17.5	33.4	
1.0 MDA	Négatif	°9.5	20.3	

- Réhabilitation non rentable, TRI < 20%
- Négatif : Réhabilitation à perte, TRI < 0

Toujours pour une meilleure exploitation des résultats, des courbes donnant les TRI en fonction des trafics pour chaque d'UNI et d'investissement ont été tracés. Ceci pour permettre de lire le TRI correspondant à n'importe quelle valeur de trafic allant de 500 v/j à 2 500 v/j.

Nous donnons le graphique concernant le cas d'UNI de 3 000 mm/km.



5 CONCLUSION

Cette étude qui n'est qu'une approche globale de la rentabilité des projets de renforcement et de réhabilitation est une première étape pour mettre entre les mains des autorités routières des outils de décision pour pouvoir dégrossir la programmation pluriannuelle de l'entretien de notre réseau routier.

Ces limites de rentabilité entre le renforcement, la réhabilitation et l'entretien courant établies dans cette étude, peuvent en effet contribuer à dégager une première méthodologie pour programmer les opérations

d'entretien les plus appropriées en fonction de l'état du réseau, tout en sauvegardant l'intérêt de l'Etat et celui de l'utilisateur.

Les résultats obtenus peuvent rendre service aussi à une deuxième catégorie d'utilisateurs que sont les ingénieurs et concepteurs de projets de renforcement ou réhabilitation.

En effet, le technicien concepteur de ces projets peut dans une étude préliminaire apprécier déjà la rentabilité de son étude et se permettre ainsi de continuer ou de revoir ses propositions avant d'arriver à terme de l'étude. Ceci n'empêchera pas le technicien de faire son étude technico-économique à la fin de son projet ❶