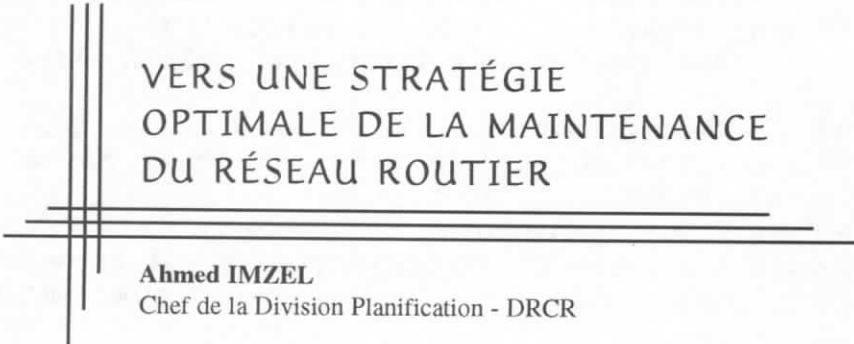




VERS UNE STRATÉGIE OPTIMALE DE LA MAINTENANCE DU RÉSEAU ROUTIER

Ahmed IMZEL

Chef de la Division Planification - DRCR

Dans le cadre de la préparation du plan d'action 1999-2003, la DRCR a réalisé une étude d'évaluation des stratégies de maintenance du réseau routier à l'aide du modèle HDM III, ces stratégies se définissent comme suit :

- Stratégie 1* : Stratégie de référence, elle consiste à appliquer uniquement le strict entretien,
 - Stratégie 2* : Optimisation de l'état du réseau routier (donné par l'indicateur UNI des chaussées) hors contrainte budgétaire,
 - Stratégie 3* : Optimisation du bénéfice actualisé hors contrainte budgétaire,
 - Stratégie 4* : Optimisation de l'état du réseau routier (donné par l'indicateur UNI des chaussées) sous contrainte budgétaire,
 - Stratégie 5* : Optimisation du bénéfice actualisé sous contrainte budgétaire,
 - Stratégie 6* : Optimisation du bénéfice actualisé pour le réseau routier à fort trafic (T0, T1) et l'état pour le réseau à faible et à moyen trafic (T2,T3,T4),
 - Stratégie 7* : Optimisation du bénéfice actualisé pour le réseau à fort et à moyen trafic (T0, T1,T2) et l'état pour le réseau à faible trafic (T3, T4),
 - Stratégie 8* : Optimisation du taux de rentabilité interne,
 - Stratégie 9* : Elle consiste à appliquer des renforcements à des seuils variables d'UNI selon la classe de trafic suivis par des revêtements :
- T0, T1 : Renforcement lorsque l'UNI atteint 3500 et revêtement tous les 7 ans
 - T2 : Renforcement lorsque l'UNI atteint 4000 et revêtement tous les 8 ans
 - T3, T4 : Renforcement lorsque l'UNI atteint 5000 et revêtement tous les 9 ans

Le budget prévisionnel pour le plan 1999-2003 a été évalué à 4200 (le budget qui a été alloué à la maintenance et à l'élargissement des chaussées au titre de l'année 97/98 et de 1.158 MDH) . Toutefois un budget équivalent à 80% de cette valeur a été jugé plus réaliste sur le plan des réalisations. La contrainte budgétaire supposée par l'étude a été donc de 3400 MDH. L'échantillon du réseau routier étudié totalise un linéaire de 27075 km ,il est donc représentatif du réseau routier revêtu .

	Répartition du réseau routier revêtu	Répartition du réseau routier étudié
Routes Nationales	31%	32%
Routes Régionales	28%	29%
Routes Provinciales	41%	39%

METHODOLOGIE D'ÉVALUATION DES STRATÉGIES DE LA MAINTENANCE

La méthodologie qui a été adoptée pour l'évaluation des stratégies de la maintenance du réseau routier s'articule autour des trois principales phases suivantes :

1 ère phase : Analyse technique

- Elaboration d'une typologie du réseau routier revêtu à partir des critères objectifs qui permettent de bien caractériser ce réseau du point de vue état et fonction,
- Classement de l'ensemble des routes revêtues au sein des cas-types de la typologie,
- Choix de scénarios adéquats d'intervention pour chaque cas-type et calcul des coûts des travaux.

2ème phase : Evaluation économique à l'aide du modèle HDM III

- Evaluation de la rentabilité économique de l'ensemble des scénarios d'intervention identifiés dans la 1ère phase.

3ème phase : Evaluation des stratégies de la maintenance du réseau routier revêtu

- Optimisation des stratégies de la maintenance hors et sous contrainte budgétaire à l'aide du modèle de budgétisation des dépenses (EBM) et sélection des meilleures stratégies qui répondent aux objectifs de conservation du patrimoine et d'amélioration de la qualité d'usage.

TYPOLOGIE DU RÉSEAU ROUTIER

• Les critères de la typologie

Le réseau routier a été regroupé en 34 liaisons types selon les critères suivants :

• La catégorie du réseau

Les trois catégories du réseau routier qui ont été retenues correspondent à celles de la nouvelle classification du réseau : routes nationales, routes régionales et routes provinciales.

• Le trafic

Le manuel de renforcement des chaussées revêtues, édité en 1992, prévoit huit classes de trafic (T0, T1 + , T1-, T2, T3 +, T3-, T4, T5)

Les classes de trafic prises en compte dans le relevé visuel sont les suivantes :

Classe de trafic	TMJA
T0	> 4500
T1	2000 < < 4500
T2	750 < < 2000
T3	250 < < 750
T4	< 250

• L'état de surface des chaussées :

Les sections de routes ont été classées selon deux indicateurs : l'indicateur de surface " ISU " pour les routes en enrobé et l'UNI pour les routes en enduit superficiel. Deux classes ont été distinguées pour les deux indicateurs susvisés : bon et mauvais. L'état de la route est déclaré bon lorsque la classe de l'indicateur est A ou B. Il est déclaré mauvais lorsque la classe de l'indicateur est C ou D.

• Le climat

Le manuel de renforcement des chaussées revêtues distingue deux zones climatiques

Zone climatique	Aride	Non aride
Pluviométrie annuelle	< 250 mm	> 250 mm

Le nouveau catalogue des structures de chaussées neuves, prévoit quatre zones climatiques :

Zoneclimatique	Pluviométrie annuelle
Humide	>600 mm
Semi humide	250 à 600 mm
Aride	50 à 250 mm
Désertique	<50 mm

Cette distinction permet de moduler avec une plus grande précision les solutions de dimensionnement. On peut remarquer toutefois que les bornes des deux classifications sont cohérentes : la zone non aride correspond aux zones humides et semi humides, et la zone aride correspond aux zones arides et désertiques du catalogue. De plus distinguer quatre zones aurait supposé d'y associer des comportements différents dus aux conditions climatiques qui ne peuvent être définis qu'après un certain nombre d'années de suivi des sections témoins.

Aussi la typologie ne distingue que deux zones climatiques: Zone aride et non aride.

CALAGE DES LOIS D'ÉVOLUTION DES DÉGRADATIONS DU MODÈLE HMD III

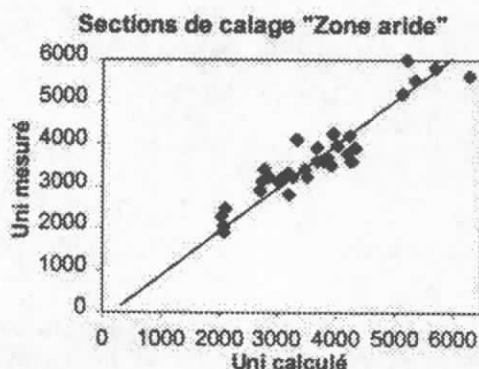
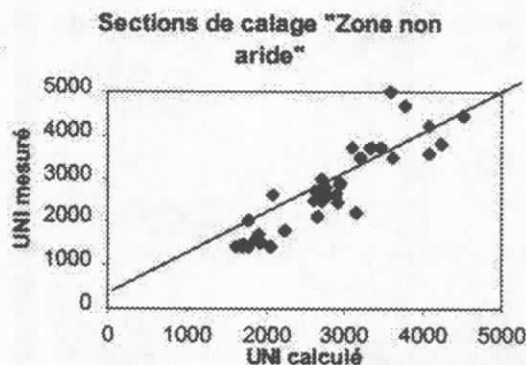
La simulation des dégradations du réseau routier a été faite à l'aide du sous modèle dégradation du modèle HDM III, pour lequel un premier calage a été fait dans le cadre de l'étude de " mise à disposition d'experts en système de gestion de chaussées 1995". Ce calage a consisté à comparer l'écart entre les dégradations et les valeurs d'UNI constatées et celles calculées par le modèle HDM III sur un ensemble de 36 sections en zone non aride et 28 sections en zone aride, dont on connaissait tous les paramètres nécessaires à la simulation par HMD III qui prévoit les coefficients de calage suivants :

- Kci : facteur de dégradation de l'apparition des fissures ;
Kcp : facteur de dégradation de l'évolution des fissures ;

- Kvi : facteur de dégradation de l'apparition des arrachements ;
 Kpp : facteur de dégradation de l'évolution des nids de poule ;
 Krp : facteur de dégradation de l'évolution de l'orniérage ;
 Kgp : facteur de dégradation de l'UNI par dégradation ;
 Kge : facteur de dégradation de l'UNI par vieillissement ;

Le meilleur ajustement de ces facteurs prévoit les valeurs suivantes :

Facteurs de dégradation	Zone non aride	Zone aride
Kci	1	1,2
Kcp	1	0,8
Kvi	0,5	1
Kge	1,15	1



NORMES ET COÛTS DES TRAVAUX ROUTIERS

Les normes

d'entretien ont été choisies parmi :

- Les réparations localisées
- L'entretien des dépendances
- Le renouvellement de la couche d'usure
- Le renforcement de la structure

• Les coûts unitaires

Les coûts des travaux ont été établis à partir des coûts unitaires provenant de l'exploitation des marchés passés au cours des années 1996 et 1997.

Nature des travaux	Unité	Coûts financiers
Monocouche (*)	dh/m ²	12
Bicouche (*)	dh/m ²	19
GNA	dh/m ³	200
GNB	dh/m ³	180
GNC	dh/m ³	160
GNF	dh/m ³	150
GND	dh/m ³	140
MD	dh/m ³	120
EF pour reprofilage	dh/T	500
EB pour reprofilage	dh/T	500
EB	dh/T	410
GBB	dh/T	350
MS	dh/m ³	70
Imprégnation (**)	dh/m ²	6
Compactage de FF	dh/m ²	4
Terrassement	dh/m ³	25
Décaissement	dh/m ³	25

(*) : y compris liant

(**) : Fourniture et mise en oeuvre

SCENARIOS D'ENTRETIEN ETUDIES

Le tableau ci-dessous récapitule les scénarios d'entretien qui ont été analysés pour chacune des classes de trafic T0, T1, T2, T3 et T4

Description	T0	T1	T2	T3	T4
Renforcement en série à UNI = 6000					R460
Renforcement en série à UNI = 5500					R455
Renforcement en série à UNI = 5000				R350	R450
Renforcement en série à UNI = 4500			R245	R345	R445
Renforcement en série à UNI = 4000		R140	R240	R340	R440
Renforcement en série à UNI = 3500	R035	R135	R235	R335	R435
Renforcement en série à UNI = 3000	R030	R130	R230		
Renforcement en série à UNI = 2500	R025	R125			
Renforcement en série à UNI = 2000	R020				
Surface renouvelée avec EB épais à UNI = 3000	A030	A130			
Surface renouvelée avec EB épais à UNI = 2500	A025	A125			
Surface renouvelée avec EB épais à UNI = 2000	A020	A120			
Surface renouvelée avec EB mince à UNI = 2200	B022	B122			
Surface renouvelée avec EB épais à UNI = 2000	B020	B120			
Surface renouvelée avec EB épais à UNI = 1800	B018	B118			
Enduits avec reprofilage en série à 60% de dégradations		E16R	E26R	E36R	E46R
Enduits avec reprofilage en série à 40% de dégradations		E14R	E24R	E34R	E44R
Enduits avec reprofilage en série à 20% de dégradations		E12R	E22R	E32R	E42R
Enduits sans reprofilage en série à 60% de dégradations			E260	E360	E460
Enduits sans reprofilage en série à 40% de dégradations			E240	E340	E440
Enduits sans reprofilage en série à 20% de dégradations			E220	E320	E420

Les scénarios mettant en œuvre les enrobés en couche mince n'ont été testés que sur les liaisons T0, T1.

Les scénarios mettant en œuvre des enduits superficiels sans reprofilage comportent des renforcements à des seuils variables selon la classe de trafic : UNI = 4500 pour T2, UNI = 5000 pour T3, UNI = 6000 pour T4.

• Stratégies optimales hors contraintes budgétaires

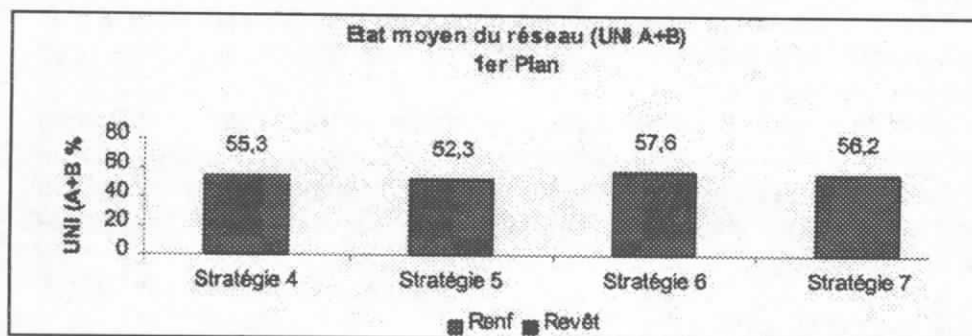
La stratégie qui optimise l'état du réseau conduit à un linéaire annuel d'environ 3000 km/an de renforcement et de 650 km/an de revêtement pour une enveloppe budgétaire globale égale à trois (3) fois celle allouée actuellement à la maintenance du réseau.

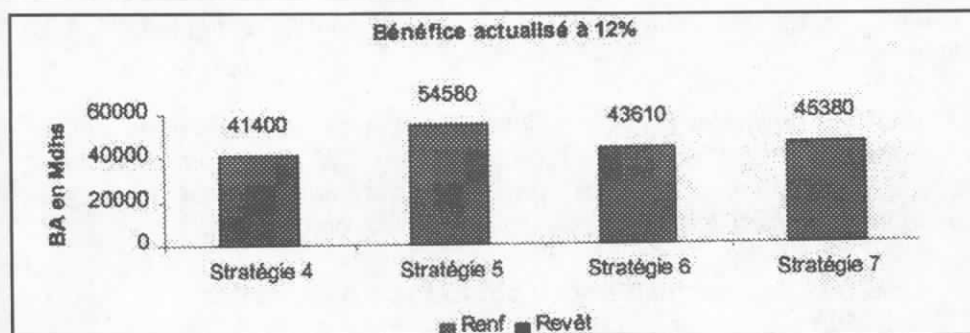
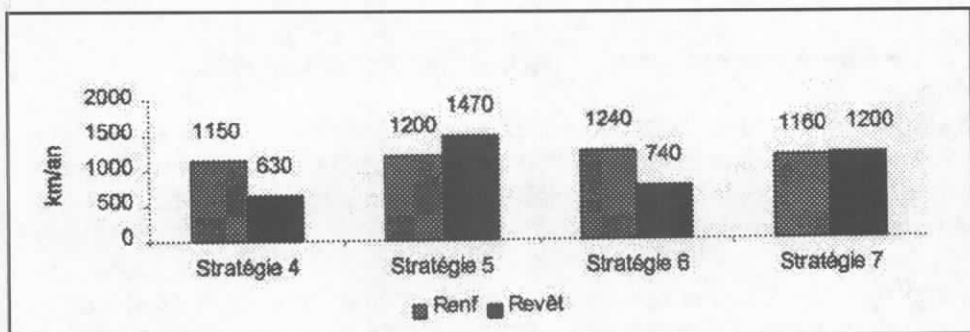
La stratégie qui optimise le bénéfice actualisé conduit à un linéaire d'environ 2000 km/an de renforcement et 750 km/an de revêtement avec une enveloppe budgétaire égale au double de celle allouée actuellement à la maintenance.

Les stratégies optimales hors contraintes budgétaires prévoient donc d'intervenir sur environ 2500 km/an en renforcement et 700 km/an en revêtement avec une enveloppe budgétaire égale à environ deux fois et demi celle allouée actuellement à la maintenance du réseau routier revêtu.

• Stratégies optimales sous contraintes budgétaires (3400 Mdhs/plan)

Les performances des stratégies étudiées sous contraintes budgétaires ont été mesurées en terme du bénéfice actualisé qu'elles procurent pour la collectivité durant la période d'analyse de 20 ans et l'état qu'elles assurent au réseau routier durant le premier plan.





Les quatre stratégies optimales de maintenance du réseau routier revêtu, sous contrainte budgétaire conduisent au même linéaire d'intervention sur ce réseau en renforcement qui est de 1200 km/an et un linéaire qui varie de 650 km à 1470 km en ce qui concerne les revêtements.

La stratégie qui optimise le bénéfice actualisé pour les routes ayant un trafic T0, T1, T2 et l'état pour les routes qui ont un trafic T3, T4 semble être la plus intéressante. Celle ci prévoit environ 1150 km de renforcement/an et de 1200 km/an de revêtement.

La mise en œuvre de cette stratégie optimale se traduit par l'application en fonction de l'UNI et de la déflexion des chaussées, des tapis d'enrobé de 3 à 7 cm sur les routes à fort trafic T0, T1 consistant notamment en des traitements préventifs(enrobé mince) pour des valeurs d'UNI ne dépassant pas 2000 mm/km .

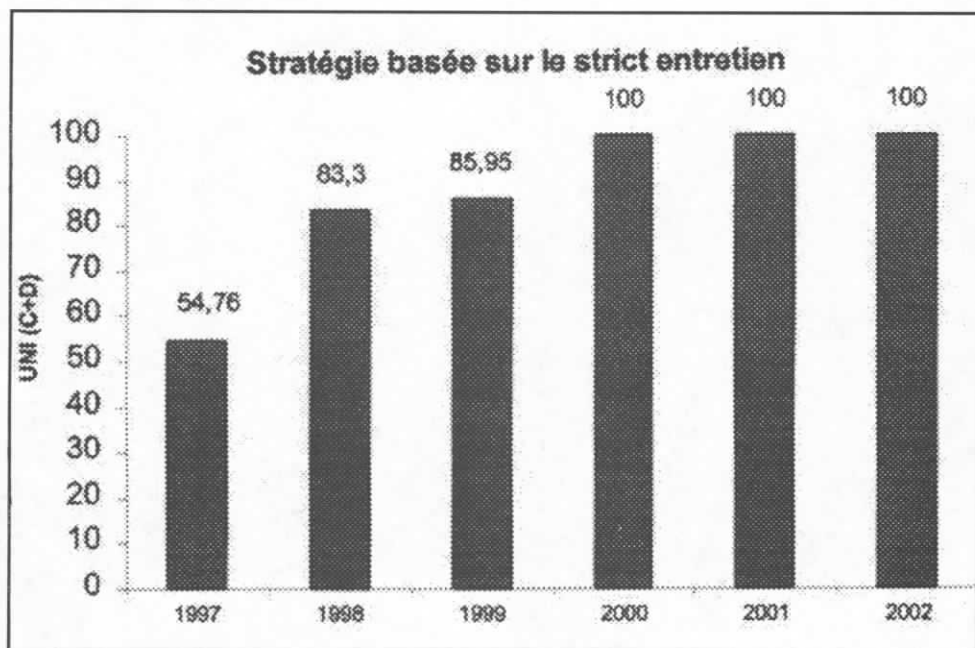
Pour les routes à trafic moyen T2, la stratégie préconise des enduits superficiels avec des reprofilages.

Toutefois des renforcements peuvent être appliquées en fonction de la gravité des dégradations. Pour les routes à faible trafic T3, T4 en mauvais état, la stratégie prévoit des renforcements, pour rattraper le défaut structurel de cette catégorie du réseau.

• Impacts de la variation du budget alloué à la maintenance

Une augmentation de 10% du budget alloué actuellement à la maintenance du réseau routier revêtu conduit à une amélioration de 7% de l'état d'UNI de ce réseau.

En revanche, dans le cas où la maintenance est réduite au strict entretien, 85% du réseau routier se trouvera dans un état mauvais à très mauvais au bout de trois (3) ans.



Dans ce dernier état, le patrimoine routier est jugé irrécupérable et sa reconstruction nécessite sa construction à nouveau.

L'adoption de cette stratégie (stricte entretien uniquement) pour une année conduit à une perte nette pour la collectivité de 2,17 milliards de dh.