

REPUBLIQUE DU SENEGAL

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



GC.0527

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE CENTRE DE THIES

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

TITRE : Détermination de stratégies d'entretien, de réhabilitation, de renforcement et d'aménagement de routes les mieux adaptées au réseau sénégalais en utilisant le modèle HDM-4

Auteur : Mame Mariteuw Chimère Diop

Gabriel Dia

Directeur interne : M. Ibrahima Khalil CISSE, Directeur de l'Ecole Polytechnique de Thiès

Directeur externe : M. Lamine CISSE, Chef de la DP / BDR de l'A.A.T.R.

- JUILLET 2008 -

DEDICACES

*Nous dédions ce travail
A nos parents,
frères et sœurs,
A notre regretté ami et frère TRAZIE IRIE BI GUY MAXIM
et camarades de promotion*

REMERCIEMENTS

Ce rapport ne peut commencer sans pour autant remercier les aides de toutes natures qui ont participé au bon déroulement de notre stage. Nous tenons à adresser nos sincères remerciements :

- ✓ Au **Directeur de l'Ecole Polytechnique de Thiès, Monsieur M. Ibrahima Khalil** pour nous avoir encadré tout au long de l'élaboration de notre projet ;
- ✓ Au **chef de la Division Programmation et Banque de Données Routières de l'A.A.T.R., Monsieur M. Lamine CISSE** pour nous avoir suivi tout long de ce projet ;
- ✓ A Monsieur Bassirou Guissé,
- ✓ A nos professeurs;
- ✓ Au personnel du COUD ;
- ✓ A M. Jean SARR pour le soutien matériel qu'il nous a manifesté ;

Nos remerciements vont aussi à l'endroit de ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de ce projet.

SOMMAIRE

Pour assurer la pérennité des investissements routiers dans le contexte Africain, les pouvoirs publics demeurent sans cesse confrontés au problème de rareté des ressources financières, et de l'optimisation de ces ressources. Cette question à la fois structurelle et institutionnelle affecte sensiblement l'organisation de l'entretien routier. A cet effet, il est impératif que les responsables des pays Africains puissent maîtriser les processus liés à la mobilisation des ressources, ainsi que les modes d'organisation et de gestion adaptés à l'entretien des réseaux routiers.

Il existe plusieurs méthodes traditionnelles d'analyse de projet. Dans le cadre notre projet, nous avons choisi de travailler avec Highway Design and Maintenance (HDM-4) qui constitue un puissant outil d'assistance pour l'élaboration et la gestion d'un réseau routier.

HDM-4 est utilisé dans plus de 100 pays développés et en voie de développement ayant des environnements technologiques, climatiques et économiques nettement différents. Le modèle simule l'évolution future des conditions de la route à partir de la situation présente et pour cela il est nécessaire de s'assurer d'une part que les données fournies représentent la réalité des conditions courantes et des facteurs pouvant les influencer et d'autre part que les prévisions du modèle adaptent le vrai comportement du réseau

Ce présent projet de fin entre dans le cadre de la mise sur pied d'une politique de stratégies d'aménagement, de réhabilitation et d'entretien routier la plus adapté à la zone UEMOA.

Le travail a abouti à des résultats qui nous ont permis de définir pour chaque type de tronçons une politique de stratégies d'entretien optimal, c'est ta dire offrant une bonne qualité à coût moindre

Mots clés : HDM-4 – entretien – optimal – rentabilité – projet – stratégies – programme

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
SOMMAIRE	iii
TABLE DES MATIERES	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES ANNEXES	x
Introduction Générale	11
Chapitre 1: Problématique de l'aménagement et de l'entretien routier.....	13
1.1 <i>Présentation du réseau routier classé</i>	13
1.1.1 Classification administrative.....	13
1.1.2 Caractéristiques générales du réseau.....	16
1.1.3 Etat du réseau classé.....	16
1.2 <i>Nécessité et intérêt de l'entretien routier</i>	22
1.3 <i>Les dégradations des chaussées</i>	25
1.3.1 Typologie des dégradations.....	26
1.3.2 Principaux types de dégradations.....	27
1.3.3 L'effet de l'eau.....	37
1.4 <i>Conclusion</i>	38
CHAPITRE 2 : Stratégies d'aménagement, de réhabilitation et d'entretien routier au Sénégal et dans la sous-région	39
2.1 Bilan des systèmes d'entretien et de réhabilitation routier mis en place au Sénégal et dans la sous-région.....	39
2.1.1 Intervenants dans les différentes étapes de l'entretien routier au Sénégal.....	39
2.1.2 Stratégie d'entretien et de réhabilitation routière mise en place au Sénégal.....	40
2.1.3 Stratégie d'entretien et de réhabilitation routiers mise en place dans la sous-région.....	46
2.2 Analyse critique des systèmes d'entretien et de réhabilitation routiers au Sénégal et dans la sous-région.....	52
2.2.1 Avantages et inconvénients du système d'entretien et de réhabilitation routiers au Sénégal.....	52

les mieux adaptées au réseau sénégalais en utilisant le modèle HDM-4

2.2.2 Avantages et inconvénients du système d'entretien et de réhabilitation routiers au Bénin.....	52
2.2.3 Avantages et inconvénients du système d'entretien et de réhabilitation routiers en Guinée Bissau.....	53
2.2.4 Avantages et inconvénients du système d'entretien et de réhabilitation routiers au Ghana.....	54
2.3 Analyse des points de convergence et de divergences des différentes stratégies des pays de la zone UEMOA.....	54
2.3.1 Analyse des points de convergences.....	54
2.3.2 Analyse des points de divergences.....	55
2.4 Conclusion.....	56
CHAPITRE 3 : Présentation du logiciel HDM4.....	57
3.1 Définition.....	57
3.2 Rôle de HDM-4.....	57
3.3 Les différentes fonctionnalités du logiciel.....	57
3.4 Utilisation du modèle HDM-4.....	58
3.5 Conclusion.....	59
Chapitre 4 : Mise à jour des paramètres de calibrage HDM4 et évaluation économique.....	60
4.1 Evaluation économique et organisation administrative.....	60
4.1.1 Evaluation économique.....	60
4-1.2 Organisation administrative.....	64
4.2 Caractéristiques du réseau.....	64
4.2.1 Géométrie.....	64
4.2.2 Zone climatique.....	68
4.2.3 Agriculture.....	69
4.2.4 Industrie.....	71
4.3 Paramètres de circulation des véhicules.....	74
4.4 - Estimation du trafic, du nombre structurel, de l'uni et de l'âge des chaussées.....	80
Chapitre 5 : Simulation et analyse de politiques et stratégies d'entretien avec le modèle HDM-4.....	92
5.1 Présentation de l'analyse de stratégies.....	92
5.1.1 Méthodes d'analyse.....	93
5.1.2 Procédure à suivre pour une analyse de stratégies.....	93
5.2 Données de simulation.....	97

les mieux adaptées au réseau sénégalais en utilisant le modèle HDM-4	
5.2.1 Trafic et état de la chaussée.....	97
5.2.2 Le climat	98
5.2.3 Véhicules.....	99
5.2.4 Caractéristiques générales du tronçon.....	99
5.2.5 Détails du trafic	99
5.3 Options de simulations	100
5.4 Résultats et interprétation de la simulation (courbes voir annexe A)	100
5.5 Analyse économique des stratégies	117
5.5.1 Présentation de l'analyse économique	117
5.5.2 Résultat de l'analyse économique.....	117
5.5.3 Interprétation	117
5.6 Conclusion.....	120
<i>Conclusion et recommandations.....</i>	121
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</i>	123
<i>WEBOGRAPHIE.....</i>	123

LISTE DES ABREVIATIONS

<i>A.A.T.R.</i>	<i>Agence Autonome des Travaux Routiers</i>
<i>APIX</i>	<i>Agence nationale chargée de l'investissement et des grands travaux</i>
<i>BDR</i>	<i>Banque de Données Routières</i>
<i>BNE</i>	<i>Budget National d'Équipement</i>
<i>CBR</i>	<i>Californian Bearing Ratio, indice de portance californien</i>
<i>ESAM II</i>	<i>Enquête Sénégalaise Auprès des Ménages</i>
<i>HDM-4</i>	<i>Highways Development and Management (modèle pour le développement et la gestion des routes)</i>
<i>IP</i>	<i>Indice de plasticité</i>
<i>IQL</i>	<i>Information Quality Level (niveau de qualité de l'information)</i>
<i>IRI</i>	<i>Indice international de rugosité</i>
<i>ISOHDM</i>	<i>Etude internationale sur les outils de développement et de gestion des routes.</i>
<i>LCPC</i>	<i>Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées</i>
<i>PERA</i>	<i>Programme d'Entretien Routier Annuel</i>
<i>PTG</i>	<i>Programme Triennal Glissant</i>
<i>PIB</i>	<i>Produit Intérieur Brut</i>
<i>RDWE</i>	<i>Road Deterioration and Work Effect (effets des travaux et des détériorations de la route)</i>
<i>RTM</i>	<i>Routes en Terre Moderne</i>
<i>RTS</i>	<i>Routes en Terre Sommaire</i>
<i>RUE</i>	<i>Road User Effect (effet sur les usagers de la route)</i>
<i>S (I, II, III, IV)</i>	<i>Classes d'élasticité</i>
<i>SNP</i>	<i>Structural number (nombre structurel)</i>
<i>TMJA</i>	<i>Trafic moyen journalier annuel</i>
<i>TRI</i>	<i>Taux de Rentabilité Interne</i>
<i>VAN</i>	<i>Valeur Actuelle Nette</i>
<i>VOC/CEV</i>	<i>Vehicle Operating Cost (Coûts d'exploitation des véhicules)</i>
<i>WL</i>	<i>Limite de liquidité</i>
<i>TIC</i>	<i>Technologie de l'information et de la communication</i>

les mieux adaptées au réseau sénégalais en utilisant le modèle HDM-4

<i>AGETIP</i>	<i>Agence d'exécution des travaux d'intérêt public contre le sous-emploi</i>
<i>Epauf.</i>	<i>Epaufure</i>
<i>Renfor.</i>	<i>Renforcement</i>
<i>Réhab.</i>	<i>Réhabilitation</i>
<i>Dégrad.</i>	<i>Dégradation</i>
<i>Fiss.</i>	<i>Fissuration</i>
<i>Sup.</i>	<i>Supérieur</i>
<i>Inf.</i>	<i>Inférieur</i>
<i>BBn</i>	<i>Béton Bitumineux de « n » cm d'épaisseur</i>
<i>Bi</i>	<i>Bicouche</i>
<i>DTP</i>	<i>Direction des travaux publics</i>
<i>UEMOA</i>	<i>Union Economique et Monétaire Ouest-Africain</i>

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : RESEAU ROUTIER NON REVETU (KM) INSPECTE PAR CATEGORIE DE ROUTE ET PAR REGION	14
TABLEAU 2 : RESEAU ROUTIER REVETU (KM) INSPECTE PAR CATEGORIE DE ROUTE ET PAR REGION	15
TABLEAU 3 : ETAT DU LINEAIRE INSPECTE (KM) DU RESEAU ROUTIER NON REVETU PAR CATEGORIE ET PAR ETAT DE ROUTE.....	17
TABLEAU 4 : ETAT DU LINEAIRE INSPECTE (KM) DU RESEAU ROUTIER NON REVETU PAR ETAT DE ROUTE ET PAR REGION.....	18
TABLEAU 5 : ETAT DU LINEAIRE INSPECTE (KM) DU RESEAU ROUTIER REVETU PAR CATEGORIE ET PAR ETAT DE ROUTE.....	20
TABLEAU 6: ETAT DU LINEAIRE INSPECTE (KM) DU RESEAU ROUTIER REVETU PAR ETAT DE ROUTE ET PAR REGION.....	21
TABLEAU 7: LE CLASSEMENT DES REGIONS PAR ORDRE DECROISSANT DU LINEAIRE (EXPRIME EN POURCENTAGE) DU RESEAU DEGRADE A TRES DEGRADE.	22
TABLEAU 8: LES DIFFERENTS TYPES DE DEGRADATIONS.....	26
TABLEAU 9 : 1MATRICE DES TRAVAUX SUR AXES ROUTIERS REVETUS, PAR CLASSE DE TRAFIC... ..	42
TABLEAU 10: MATRICE DES TRAVAUX SUR AXES ROUTIERS NON REVETUS	44
TABLEAU 11: COUTS UNITAIRES D'ENTRETIEN DES ROUTES REVETUESE ET TACHES DE L'ENTRETIEN COURANT (VOIR ANNEXE D).....	45
TABLEAU 12 : COUT AU KM EN F CFA HTVA D'AXES ROUTIERS NON REVETUS.....	45
TABLEAU 13: TACHE ET FREQUENCE DES ENTRETIENS.....	47
TABLEAU 14 DEGRADATIONS DES ROUTES.....	51
TABLEAU 15 : DONNEES SOCIO-ECONOMIQUES REGIONALES.....	61
TABLEAU 16 : COUT AU KM EN F CFA HTVA D'AXES ROUTIERS NON REVETUS.....	65
TABLEAU 17 : REPARTITION SECTORIELLE DES INDUSTRIES POUR L'ANNEE 2000.....	72
TABLEAU 18: VITESSE MOYENNE DES VEHICULES SOUS TRAFIC.....	74
TABLEAU 19 : TYPES DE VEHICULES.....	75
TABLEAU 20 : UNITES DE MESURE DES ELEMENTS DE CONSOMMATION DE RESSOURCES ET DIMENSION DES PRIX.....	76
TABLEAU 21 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES VEHICULES.....	77
TABLEAU 22: ESTIMATION DES COUTS DU TEMPS D'APRES LES VALEURS DU BERJOU	79
TABLEAU 23: COMPOSANTES DES COUTS HTT SUR LES VEHICULES (EN F.CFA)	79
TABLEAU 24: VALEUR DE L'UNI (EN IRI)	81
TABLEAU 25: TRAFIC DU JOUR MOYEN ANNUEL AU POSTE 027	84
TABLEAU 26 : TAUX D'INDUCTION DU TRAFIC POUR UN MAUVAIS ETAT DE LA ROUTE.....	85
TABLEAU 27 : TAUX D'INDUCTION DU TRAFIC POUR UN ETAT MOYEN DE LA ROUTE	86

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Résultats des simulations (courbes de l'uni pour chaque section)

Annexe B : Coûts Unitaires d'Entretien des Routes Revêtues et Tâches de l'Entretien Courant avec les différentes combinaisons

Annexe C : Résultats des simulations (tableaux de synthèse économique)

Introduction Générale

Dans tout pays la route est le premier facteur de développement économique. Sa réalisation est toujours suivie de conséquences économiques et sociales. Elle permet la liaison entre différents pôles économiques et en génère par sa création. De ce fait les investissements routiers sont souvent sujettes à controverses car englobant une multitude de retombées. Elles nécessitent des sommes qui font souvent appel au financement des bailleurs de fonds et en cela nécessite une justification économique à court terme pour sa réalisation et à long terme pour son entretien et sa réalisation.

Un bon nombre de critères ont été fixés pour évaluer l'impact de chaque facteur dans la rentabilité globale du projet des organismes comme la banque mondiale, la banque asiatique de développement ont jugés nécessaire la création d'un logiciel permettant de juger par rapport à tous ces critères de la viabilité du projet : HDM-4 (Highway Development and Management). Ce logiciel une fois développé est devenu une référence en matière de prise de décision et est d'une aide précieuse pour connaître l'impact économique des futurs travaux routiers à effectuer sur le réseau.

Au niveau du Sénégal devant la dégradation manifeste du réseau, il a été établi trois plans triennaux d'entretien des routes afin d'y pallier. Il devient à ce niveau intéressant de définir des stratégies d'entretien adaptées au réseau sénégalais par l'utilisation du logiciel HDM-4.

Mais il faut au préalable définir certains paramètres du logiciel dans la perspective d'une simulation se rapprochant le plus de la réalité. Cet ajustement est propre à chaque pays et est indispensable pour que les prévisions du modèle soit applicable au dit pays. Nous noterons que la fiabilité des prévisions est d'autant plus importante que les données de paramétrage datent d'une période la plus récente possible.

Notre projet de fin d'étude s'inscrit dans ce cadre et porte sur une mise à jour des paramètres définis par nos prédécesseurs et notamment sur une simulation avec divers scénarios pour l'établissement de stratégies d'entretien et d'aménagement optimales pour le réseau sénégalais.

Pour la méthodologie il s'agira d'essayer de comprendre le fonctionnement du logiciel et l'influence des différents paramètres d'entrée avant de procéder à la collecte de données pour le paramétrage du logiciel et à la simulation.

Le présent travail s'articule autour de trois points. Le premier consistant à l'étude de la problématique de l'entretien et de l'aménagement routier ainsi qu'en une brève présentation de HDM-4, de ses différents paramètres d'entrée et de la méthodologie de calibrage. Le deuxième se focalisera sur la recherche de données pour la mise à jour des paramètres du premier niveau.

La dernière étape sera celle de la simulation en vue de l'établissement de stratégies d'entretien et d'aménagement et consistera en outre en une évaluation de la validité de nos données d'entrée.

Chapitre 1: Problématique de l'aménagement et de l'entretien routier

Au Sénégal comme dans bien des pays du tiers monde nous assistons à un entretien périodique des routes en vue de préserver leur viabilité et leur rentabilité. En ce sens des programmes d'entretien sont établis par les agences de la place afin de palier aux éventuelles dégradations qui pourraient survenir diminuant ainsi le confort des usagers. Ainsi donc il convient d'évaluer l'état du réseau actuel ainsi que les différentes dégradations et leur source afin de mieux pouvoir apprécier la l'efficacité des différentes politiques d'entretien définie au Sénégal.

1.1 Présentation du réseau routier classé

1.1.1 Classification administrative

Selon la classification administrative, (voire la loi 74-20 du 24 janvier 1974 et le décret d'application n° 74-718), le réseau est réparti en cinq (5) classes de routes dont la hiérarchie est la suivante :

- les routes nationales (N) ou liaisons entre plusieurs régions et les pays limitrophes ;
- les routes régionales (R) ou liaisons entre chefs lieux de département d'une région ;
- les routes départementales (D) ou liaisons entre chefs lieux d'arrondissements et communautés rurales ;
- les voiries urbaines (VU) encore appelées « grande voirie » situées dans les agglomérations urbaines ;
- les pistes répertoriées (P) ou liaison entre routes départementales et centres de production agricole.

Le réseau routier sénégalais comprend deux catégories : les routes classées et les routes non classées.

Une route est dite classée si elle fait l'objet d'un acte administratif de classement pris dans les formes réglementaires, soit préalablement à sa construction soit postérieurement. Il s'agit notamment de l'incorporation au domaine public routier, du sol des emprises de la route et de la création éventuelle de servitudes de voiries sur les terrains situés en bordure.

Une route est dite non classée si elle n'a fait l'objet d'aucun acte de classement, c'est-à-dire si son utilisation comme voie de communication résulte seulement d'un usage ou d'un état de fait.

Il ressort du dernier inventaire effectué en 2002 que le linéaire du réseau classé est de 14 634 km réparti comme suit :

- 1 Routes revêtues : 4 559 km (31%)
- 2 Routes en terre : 10 075 km (69%)

En tenant compte des routes non classées à reclasser et des routes en terre qui sont passées en routes revêtues, ce linéaire passe en 2005 à 14 805 km et est réparti comme suit:

- 1 Routes revêtues : 4 805 km (32,5%)
- 2 Routes en terre : 10 000 km (67,5%)

Lorsqu'on ne tient pas compte des routes qui n'ont jamais fait l'objet d'aménagement (5 786,2 km de routes en terre), ce linéaire passe à 9 018,8 km et est réparti comme suit:

- 1 Routes revêtues : 4 805 km (53,3%)
- 2 Routes en terre : 4 213,8 km (46,7%)

Le réseau routier non revêtu, dont le linéaire global est estimé à **10 000 km**, a été inspecté sur un linéaire de **9 652,5 km**, représentant **96,5%**. Ce linéaire inspecté est réparti par classes de route et par régions de la manière suivante :

Tableau 1 : Réseau routier non revêtu (km) inspecté par catégorie de route et par région

REGION	LINEAIRE EN KM					TOTAL
	N	R	D	P	VU	
DAKAR	-	-	-	17,0	-	17,0
DIOURBEL	-	44,6	148,8	132,3	-	325,7
FATICK	-	25,9	147,1	266,4	-	439,4
KAOLACK	-	-	587,0	515,5	-	1 102,5
KOLDA	-	53,3	490,0	797,1	-	1 340,3
LOUGA	63,8	13,8	145,0	855,5	-	1 078,1
MATAM	169,0	195,1	-	392,6	-	756,7
SAINT LOUIS	154,2	194,8	86,8	232,0	-	667,9

TAMBACOUNDA	118,0	-	2 357,8	538,5	-	3 014,2
THIES	-	-	242,2	88,2	-	330,4
ZIGUINCHOR	-	41,4	400,2	132,1	6,6	580,3
TOTAL	505,0	568,8	4 604,9	3 967,1	6,6	9 652,5
TOTAL en %	5,2%	5,9%	47,7%	41,1%	0,1%	100,0%

Source : P.T.G. 2007-2009

L'inspection sommaire du réseau routier revêtu a concerné 4805,3 km, soit la totalité du réseau. Ce linéaire est réparti par région et par catégorie de route de la manière suivante :

Tableau 2 : Réseau routier revêtu (km) inspecté par catégorie de route et par région

REGION	LINEAIRE EN KM							Routes Non	TOTAL
	N	R	D	P	VD	VU			
DAKAR	49,2	21,2	46,0	37,8	13,6	132,0	-	299,8	
DIOURBEL	118,7	39,1	8,0	26,0	-	24,2	106,8	322,8	
FATICK	194,1	60,9	122,6	-	-	-	-	377,5	
KAOLACK	272,1	56,2	33,3	-	-	5,9	-	367,5	
KOLDA	410,6	123,2	25,5	-	-	-	-	559,3	
LOUGA	205,1	160,8	190,9	19,4	-	15,6	7,0	598,8	
MATAM	197,7	-	-	-	-	-	-	197,7	
SAINT LOUIS	384,6	3,0	56,7	3,0	-	17,7	-	465,0	
TAMBACOUNDA	640,0	-	62,1	-	-	-	-	702,1	
THIES	180,3	70,8	297,2	5,7	-	19,1	18,0	591,1	
ZIGUINCHOR	192,3	71,3	44,1	-	-	16,1	-	323,8	
TOTAL	2 844,6	606,5	886,4	91,9	13,6	230,6	131,8	4 805,3	

Source PTG 2007-2009

1.1.2 Caractéristiques générales du réseau

En général, le réseau revêtu est caractérisé comme suit :

- une plateforme de 7 à 10.5 m de largeur ;
- une couche de fondation réalisée en latérite crue ;
- une couche de base en latérite ciment et quelques fois en latérite crue ;
- un revêtement en enduit superficiel mais pour les routes à trafic intense il peut être en béton bitumineux et même en sand-asphalt ce qui se fait rarement au Sénégal.

Les routes non revêtues quant à elles comprennent principalement trois catégories :

- les routes en terre modernes (RTM), praticables en toutes saisons grâce à une mise hors d'eau obtenue par un assainissement performant ;
- les routes en terre sommaires (RTS) dont la qualité de l'assainissement ne permet pas une mise hors d'eau, ni une viabilité permanente ;
- les pistes, qui, à la différence des deux premières ne comportent pas de structures de chaussée (pas de plateforme, ni de couche de roulement). Elles sont tracées directement sur le terrain naturel et comprennent très rarement des ouvrages d'art.

1.1.3 Etat du réseau classé

L'état du réseau classé a été apprécié selon deux méthodes propres respectivement aux chaussées revêtues et aux chaussées non-revêtues.

L'état global des routes non revêtues a été obtenu en utilisant la méthode VIZIRET.

Dans la méthode VIZIRET, utilisée pour qualifier et quantifier les dégradations des routes non revêtues, il est retenu quatre (4) dégradations structurelles :

- les déformations découlant des arrachements de matériaux sous le trafic (corrigés par des opérations de reprofilage et de rechargement), de l'orniérage et des affaissements (corrigés par des travaux de réhabilitation) ;
- les nids de poule (cavité de profondeur variable selon leur gravité) ;
- la tôle ondulée ;
- les ravines, désordre structurel entraîné par l'écoulement de l'eau sur la chaussée (corrigées par des reprofilages légers ou lourds selon leurs gravités).

Pour quantifier les dégradations, la méthode VIZIRET attribue des notes individuelles pour chaque type de dégradation. Ces notes varient de 1 à 3 suivant l'ampleur de la dégradation :

- 1 La note 1 correspond à pas ou peu de dégradations ;
- 2 La note 2 correspond aux dégradations de moindre importance ;
- 3 La note 3 indique des dégradations de grande ampleur engendrant des dommages sérieux aux structures de chaussées.

L'indice VIZIRET ou l'indice de qualité structurale (IQS) est égal à la valeur maximale des dégradations considérée sur une section de route.

L'inspection visuelle des tronçons avec la méthode VIZIRET a permis d'affecter à chaque dégradation une note.

Ces notes sont reportées sur les schémas itinéraires. L'analyse des données obtenues permet de distinguer trois types de sections de route :

- 1 Des sections en « bon état apparent » : l'indice VIZIRET est 1 ;
- 2 Des sections moyennement dégradées : l'indice VIZIRET est 2 ;
- 3 Des sections dégradées ou fortement dégradées : l'indice VIZIRET est 3.

A ces types de sections de route correspond un état apparent bon, moyen et mauvais.

Ce paramètre, mesuré par les équipes des inspections sommaires, a permis de dresser les différents états des routes non revêtues par catégorie de route et par région, qui sont résumés dans les tableaux n°2 et n°3 ci-dessous.

- un premier tableau où figure le linéaire par état et par catégorie de route,
- et un deuxième tableau où figure le linéaire par état de route et par région.

Tableau 3 : Etat du linéaire inspecté (km) du réseau routier non revêtu par catégorie et par état de route

CATEGORIE / ETAT	Bon	Moyen	Mauvais	TOTAL
N	-	6,0	499,0	505,0
N en %	0,0%	1,2%	98,8%	100,0%
R	115,1	45,7	408,0	568,8
R en %	20,2%	8,0%	71,7%	100,0%
D	1 082,9	667,6	2 854,4	4 604,9
D en %	23,5%	14,5%	62,0%	100,0%

P	301,2	407,4	3 258,6	3 967,1
P en %	7,6%	10,3%	82,1%	100,0%
VU	-	-	6,6	6,6
VU en %	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
TOTAL	1 499,1	1 126,8	7 026,6	9 652,5
TOTAL en %	15,5%	11,7%	72,8%	100,0%

Source : PTG 2007-2009

Tableau 4 : Etat du linéaire inspecté (km) du réseau routier non revêtu par état de route et par région

REGION / ETAT	Bon	Moyen	Mauvais	TOTAL
DAKAR	3,2	13,8	-	17,0
DIOURBEL	149,5	51,9	124,3	325,7
FATICK	115,5	48,1	275,8	439,4
KAOLACK	98,0	150,8	853,7	1 102,5
KOLDA	308,8	328,9	702,6	1 340,3
LOUGA	59,5	81,5	937,1	1 078,1
MATAM	16,7	7,9	732,1	756,7
SAINT LOUIS	137,7	-	530,2	667,9
TAMBACOUNDA	413,6	200,7	2 400,0	3 014,2
THIES	51,6	40,8	238,0	330,4
ZIGUINCHOR	145,0	202,4	232,9	580,3
TOTAL	1 499,1	1 126,8	7 026,6	9 652,5
TOTAL en %	15,5%	11,7%	72,8%	100,0%

Source : PTG 2007-2009

- Tel que les deux tableaux précédents l'indiquent, une grande partie (72,8 %) du réseau routier non revêtu est en mauvais état.

- Le classement des régions par ordre décroissant du linéaire (exprimé en pourcentage) du réseau dégradé à très dégradé est le suivant :

MATAM	96,7%
LOUGA	86,9%
TAMBACOUNDA	79,6%
SAINT LOUIS	79,4%
KAOLACK	77,4%
THIES	72,0%
FATICK	62,8%
KOLDA	52,4%
ZIGUINCHOR	40,1%
DIORBEL	38,2%
DAKAR	0,0%

Pour les routes revêtues, l'inspection sommaire menée selon la méthode VIZIR a permis de dresser l'état de dégradation des routes revêtues. Cet état du réseau revêtu est présenté dans les deux tableaux ci-dessous, par classe de route et par région.

Dans la méthode VIZIR, utilisée que pour les chaussées à revêtement bitumineux, les dégradations sont classées en deux catégories :

- les dégradations de type A liées à une insuffisance de la capacité structurelle de la chaussée (déformation, omierage, fissuration de fatigue, faïençage) ;
- les dégradations de type B non liées la capacité structurelle de la chaussée (fissuration hors fatigue, nids de poules, arrachements, plumage, ressuage, etc.) et qui sont dues soit à un défaut de mise en œuvre soit à des conditions locales (climat, modes de chargement des véhicules, etc.)

Les quatre (4) états retenus sont les suivants :

Bon : L'état visuel des dégradations structurelles est considéré comme bon (pas de problèmes structurels apparents) ;

Moyen : Axes routiers où les dégradations structurelles apparaissent mais de niveau faible ;

Mauvais : Axes routiers où les dégradations structurelles sont importantes

Très Mauvais : Axes routiers présentant des dégradations structurelles en continu

Tableau 5 : Etat du linéaire inspecté (km) du réseau routier revêtu par catégorie et par état de route

CATEGORIE/ETAT	Bon	Moyen	Mauvais	Très mauvais	TOTAL
N	1 014,1	397,3	498,2	935,1	2 844,6
N en %	36%	14%	18%	33%	100%
R	208,5	145,8	99,2	153,0	606,5
R en %	34%	24%	16%	25%	100%
D	318,4	212,6	206,6	148,8	886,4
D en %	36%	24%	23%	17%	100%
P	45,6	43,2	-	2,8	91,6
P en %	50%	47%	-	3%	100%
VD	-	-	13,6	-	13,6
VD en %	-	-	100%	-	100%
VU	61,5	50,7	100,1	18,3	230,6
VU en %	27%	22%	43%	8%	100%
Routes Non Classées	131,8	-	-	-	131,8
RNC en %	100%	-	-	-	100%
TOTAL	1 779,9	849,6	917,6	1 258,0	4 805,1
TOTAL en %	37,0%	17,7%	19,1%	26,2%	100,0%

Source P.T.G. 2007-

54,7%

soit 2629,462 km sont dans un état Bon/Moyen

45,3%

soit 2175,626 km sont dans un état Mauvais/Très Mauvais

Tableau 6: Etat du linéaire inspecté (km) du réseau routier revêtu par état de route et par région

REGION/ETAT	Bon	Moyen	Mauvais	Très mauvais	TOTAL
DAKAR	105,7	100,0	70,2	23,9	299,8
DIORBEL	161,0	25,3	22,4	7,3	215,9
FATICK	56,1	69,4	144,0	108,1	377,5
KAOLACK	13,0	3,3	147,6	203,6	367,5
KOLDA	5,5	87,0	230,8	235,9	559,3
LOUGA	348,7	243,2	-	-	591,8
MATAM	130,2	-	-	67,5	197,7
SAINT LOUIS	349,0	96,3	6,8	12,7	464,8
TAMBACOUNDA	-	63,7	187,4	451,0	702,1
THIES	421,7	94,8	14,4	42,2	573,1
ZIGUINCHOR	57,2	66,7	94,0	105,8	323,8
Routes Non Classées	131,8	-	-	-	131,8
TOTAL	1 779,9	849,6	917,6	1 258,0	4 805,1
TOTAL en %	37,0%	17,7%	19,1%	26,2%	100,0%

Source P.T.G. 2007-2009

NB : Les 131,8 km de routes revêtues non classées sont réparties entre les régions de Diourbel (106,8 km), Thiès (18 km) et Louga (7km)

Tel que l'indiquent les deux tableaux précédents, 45,3% du réseau routier revêtu est en mauvais à très mauvais état.

Tableau 7: Le classement des régions par ordre décroissant du linéaire (exprimé en pourcentage) du réseau dégradé à très dégradé.

KAOLACK	96%
TAMBACOUNDA	91%
KOLDA	83%
FATICK	67%
ZIGUINCHOR	62%
MATAM	34%
DAKAR	31%
DIOURBEL	14%
THIES	10%
SAINT LOUIS	4%
LOUGA	0%

Source : P.T.G. 2007-2009

Il en ressort que le système routier Sénégalais semble être déséquilibré mais, dans les circonstances actuelles, ce déséquilibre n'est toutefois qu'apparent. Ainsi, la concentration du réseau routier revêtu aux alentours de la région de Dakar et dans les régions de l'Ouest est justifiée car cette partie du territoire, convenablement desservie, regroupe 65 % de la population totale et 93 % de la production commerciale. A l'inverse, le réseau routier non revêtu, composé principalement de pistes et de départementales, se trouve largement dans les régions de l'Est et du Centre. Tel que cela apparaît en effet dans le tableau 1, environ 65 % des départementales non revêtues se situent dans la région de Kaolack et la grande région de l'Est, Tambacounda.

1.2 Nécessité et intérêt de l'entretien routier

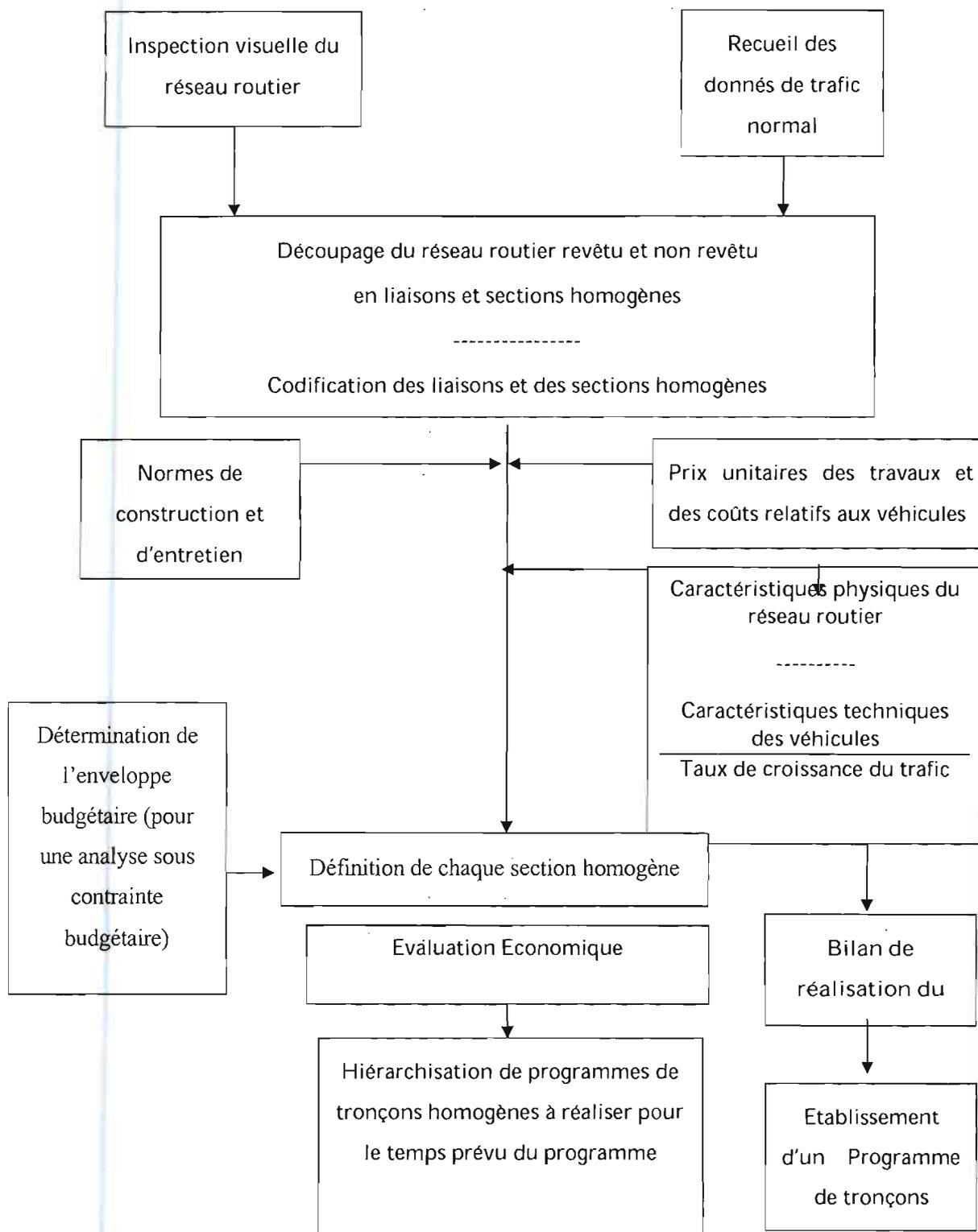
Plusieurs organismes reconnaissent maintenant que l'effort consenti à l'entretien des chaussées est directement proportionnel à la qualité des services qu'on en tire. On ne peut donc pas parler de gestion routière en oubliant la gestion de l'entretien. Par ailleurs, l'effort déployé pour assurer à une chaussée un niveau déterminé de service constitue sans aucun doute une excellente façon de mesurer la qualité du design et de la construction de cette chaussée. L'entretien fournit donc une information essentielle pour la planification, la conception et la construction des infrastructures routières. Par conséquent il sera nécessaire de

se donner une approche systématique pour la gestion de l'entretien permettant entre autres de connaître ses coûts et d'évaluer l'organisation de l'entretien routier.

L'entretien du réseau est depuis longtemps considéré comme une des tâches fondamentales de l'Etat. Aujourd'hui, dans tous les pays, cette tâche semble avoir une importance accrue. En effet, les ressources en capital sont souvent rares et à partager entre de nombreux besoins tous pressants. Il est donc logique de penser que l'entretien de cet outil de travail que représente le réseau routier national est encore plus bénéfique dans les pays pauvres que dans les pays industrialisés. Dans la mesure où un investissement routier fait dans le passé proche ou lointain est encore judicieux au regard de l'économie actuelle du pays et que son entretien régulier devient beaucoup moins cher qu'une reprise après une ou plusieurs années d'abandon.

La figure 1.1 Différentes étapes dans l'établissement d'un programme d'entretien

Source : PTG 2007-2009



Il est peu probable qu'un entretien soit simultanément sur toute la longueur d'une route : *le secret est de l'entretenir au bon moment et au bon endroit*. Si l'on intervient trop tôt (ou trop tard), on gaspille les fonds. Si on prend l'exemple d'une nouvelle route revêtue, normalement son état se détériore lentement pendant 5 à 6 ans. Seul un léger entretien est nécessaire. Puis la route entre dans une phase critique qui peut durer seulement deux ans. Comme la surface se détériore, il est nécessaire de la réparer avant qu'il ne soit trop tard. Sinon, d'autres réparations seront inévitables, *des réparations qui coûteront jusqu'à quatre fois la somme nécessaire à ce moment critique* (source Banque Mondiale). Ce genre de problème est observé dans des réseaux de tout type : le tronçon le plus faible compromet l'intégrité du réseau et requiert de ce fait une attention d'urgence. Ainsi, si un pont ou juste 30 mètres d'une route deviennent impraticables, de longs tronçons en parfait état des deux côtés seront inutilisables. Une stratégie d'entretien appropriée permettra d'éviter des résultats peu prometteurs.

L'objectif principal de l'entretien routier est de maintenir en bon état les routes récemment construites ou renforcées et de ramener en cet état les autres routes du réseau.

De façon plus générale, les objectifs de l'entretien peuvent être énoncés de la façon suivante.

- planifier, organiser, diriger, et contrôler les programmes d'entretien de façon à assurer, selon la classe de route un niveau de service donné ;
- dans le but de développer des politiques efficaces et rentables de façon économique, évaluer les méthodes et les matériaux utilisés pour l'entretien des chaussées ;
- recueillir les données pertinentes relatives au coût d'entretien des différentes parties du réseau et de chaque type de chaussée.

1.3 Les dégradations des chaussées

La nécessité même de l'entretien routier vient du fait que la chaussée n'est pas éternelle. Au cours de sa durée de vie elle perd de sa rugosité et devient de plus en plus fragile et impraticable à la suite de chargements répétés laissant voir des déformations permanentes au niveau du corps de chaussée. Avant de songer à établir un programme d'entretien il convient alors de répertorier les différents types de dégradations et leurs causes.

1.3.1 Typologie des dégradations

Les dégradations constatées par un examen visuel peuvent être répertoriées en quatre (4) familles :

- Déformations
- Fissures
- Arrachements
- Remontées
- Autres types

Tableau 8: les différents types de dégradations

<i>FAMILLES DE DEGRADATIONS</i>	<i>CHAUSSEES REVETUES</i>	<i>CHAUSSEES EN TERRES</i>
DEFORMATIONS	<ul style="list-style-type: none"> - Ornières (à grand ou petit rayon) - Affaissements (longitudinal suivant l'axe ou la rive et transversal) - Bourrelets (longitudinal et transversal) - Empreinte - Flache - Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ornières - flaches - tôles ondulée - déformations dans les virages
FISSURES	<ul style="list-style-type: none"> - Faïençage (à mailles fines ou « peau de crocodile, à mailles larges) - Fissures longitudinales (de joint ou de fatigue) - Fissures transversales 	

	<ul style="list-style-type: none"> - Fissures polygonales - Lézardes - Etc. 	
ARRACHEMENTS	<ul style="list-style-type: none"> - Dés enrobage - Glaçage - Nid de poule - Pelade - Plumage - Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - nids de poule - ravinelements - profil en « W »
REMONTEES	<ul style="list-style-type: none"> - Ressuage - Remontée de laitance 	
AUTRES TYPES	<ul style="list-style-type: none"> - Dentelles de rive - Dénivellement des accotements - Erosion des accotements - Ravinelements - Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - usure de la couche de roulement - érosion des accotements

Source : P.F.E. Bamba Diome Paramétrage du modèle HDM-4

1.3.2 Principaux types de dégradations

1.3.2.1 Les fissures transversales

a) Description :

Rupture du revêtement relativement perpendiculaire à la direction de la route, généralement sur toute la largeur de la chaussée.

b) Causes probables :

- Retrait thermique.
- Vieillissement et fragilisation du bitume.
- Remontée de fissures après des travaux de resurfaçage.
- Joint de construction mal exécuté (arrêt et reprise des travaux de pose d'enrobé).
- Diminution de la section du revêtement (ex. : vis-à-vis des regards ou des puisards).

c) Niveau de sévérité

Faible : Fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis. Les fissures avec scellement en place en bonne condition sont incluses dans ce niveau de sévérité ou elles peuvent aussi être comptabilisées à part selon l'usage qui sera fait de l'information.

Moyen : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés. Sans être inconfortable, la fissure est perceptible par l'usager.

Majeur : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure. Le confort au roulement est diminué par les déformations de surface.

d) Mesure de l'étendue.

Mesures projet : Nombre total de fissures, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

1.3.2.2 Les fissures en piste de roues

a) Description

Rupture du revêtement parallèle à la direction de la route et située dans les pistes de roues, soit dans les bandes numéros 2 et 4 (voir figure 1.1).

b) Causes probables

- Fatigue du revêtement (trafic lourd).
- Capacité structurale insuffisante de la chaussée.
- Mauvais drainage des couches granulaires de la chaussée (ex. : pendant la pluie)

c) Niveau de sévérité

Faible : Fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis. Les fissures avec scellement en place en bonne condition sont incluses dans ce niveau de sévérité ou elles peuvent aussi être comptabilisées à part selon l'usage qui sera fait de l'information.

Moyen : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés. Sans être inconfortable, la fissure est perceptible par l'utilisateur.

Majeur : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure. On note la présence de fissures en carrelage. Le confort au roulement est diminué par les déformations de surface.

d) Mesure de l'étendue

Réseau : Longueur totale de bande touchée par la dégradation, en mètres, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

Projet : Longueur totale de fissures, en mètres, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

1.3.2.3 Les fissures longitudinales

a) Description

Rupture du revêtement relativement parallèle à la direction de la route, excluant les fissures de gel, en dehors des pistes de roues, soit dans les bandes numéros 1, 3 et 5 (voir figure 1.1).

b) Causes probables

- Joint de construction mal exécuté le long de la travée adjacente.
- Ségrégation de l'enrobé à la pose (ex. : centre de l'épandeur).
- Vieillesse du revêtement.

c) Niveau de sévérité

Faible : Fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis. Les fissures avec scellement en place en bonne condition sont incluses dans ce niveau de sévérité ou elles peuvent aussi être comptabilisées à part selon l'usage qui sera fait de l'information.

Moyen : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés.

Majeur : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure.

d) Mesure de l'étendue

Réseau : Longueur totale de bande touchée par la dégradation, en mètres, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

Projet : Longueur de fissures, en mètres, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

1.3.2.4 Les fissures en rive

a) Description

Rupture en ligne droite ou en arc de cercle, le long de l'accotement ou de la bordure, ou décollement du revêtement le long de la bordure.

b) Causes probables

- Manque de support latéral (ex. : accotement étroit et pente de talus abrupte).
- Discontinuité dans la structure (ex. : élargissement).
- Apport latéral d'eau de ruissellement dans la structure de la chaussée (milieu urbain).
- Assèchement du sol support (milieu urbain).

c) Niveau de sévérité

Faible : Fissures simples et intermittentes dont les ouvertures sont inférieures à 5 mm. Les bords sont en général francs et bien définis. Les fissures avec scellement en place en bonne condition sont incluses dans ce niveau de sévérité ou elles peuvent aussi être comptabilisées à part selon l'usage qui sera fait de l'information.

Moyen : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de 5 à 20 mm. Les bords sont parfois érodés et un peu affaissés.

Majeur : Fissures simples ou fissures multiples le long d'une fissure principale, celle-ci étant ouverte de plus de 20 mm. Les bords sont souvent érodés et il y a affaissement ou soulèvement au gel au voisinage de la fissure.

d) Mesure de l'étendue

Réseau : Longueur totale de voie touchée par la dégradation, en mètres, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

Projet : Longueur de fissures, en mètres, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

1.3.2.5 Ornière de faible rayon

a) Description

Dépression longitudinale simple, double et parfois triple, de l'ordre de 250 mm de largeur, située dans les pistes de roues (bandes 2 et 4). Le profil transversal de ces dépressions est souvent similaire à des traces de pneus simples ou jumelés.

b) Causes probables

- Enrobé à stabilité réduite par temps chaud (ex. : bitume trop mou ou surdosage).
- Enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd (ex. : fluage).
- Compactage insuffisant de l'enrobé lors de la mise en place (post-compactage).
- Usure de l'enrobé en surface (abrasion).

c) Niveau de sévérité

Faible : Profondeur de l'ornière inférieure à 10 mm.

Moyen : Profondeur de l'ornière de 10 à 20 mm.

Majeur : Profondeur de l'ornière supérieure à 20 mm.

d) Mesure de l'étendue

Réseau et projet : Profondeur moyenne des ornières des 2 pistes de roues, en millimètres, par secteurs successifs de 100 m.

1.3.2.6 Ornière de grand rayon

a) Description

Dépression longitudinale simple, double et parfois triple, de l'ordre de 250 mm de largeur, située dans les pistes de roues (bandes 2 et 4). Le profil transversal de ces dépressions est souvent similaire à des traces de pneus simples ou jumelés.

b) Causes probables

- Enrobé à stabilité réduite par temps chaud (ex. : bitume trop mou ou surdosage).
- Enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd (ex. : fluage).
- Compactage insuffisant de l'enrobé lors de la mise en place (post-compactage).
- Usure de l'enrobé en surface (abrasion).

c) Niveau de sévérité

Faible : Profondeur de l'ornière inférieure à 10 mm.

Moyen : Profondeur de l'ornière de 10 à 20 mm.

Majeur : Profondeur de l'ornière supérieure à 20 mm.

d) Mesure de l'étendue

Réseau et projet : Profondeur moyenne des ornières des 2 pistes de roues, en millimètres, par secteurs successifs de 100 m.

1.3.2.7 Affaissement

a) Description

Distorsion du profil en bordure de la chaussée ou au voisinage de conduites souterraines.

b) Causes probables

- Manque de support latéral et instabilité du remblai.
- Présence de matériaux inadéquats ou mal compactés.
- Zone de déblai argileux ou secteurs marécageux.
- Affouillement ou assèchement du sol support (milieu urbain).
- Mauvais état des réseaux souterrains (milieu urbain).

c) Niveau de sévérité

Faible : Dénivellation dont la profondeur est inférieure à 20 mm sous la règle de 3 m. À la vitesse maximale permise, la sécurité n'est pas compromise et l'effet sur le confort au roulement est négligeable.

Moyen : Dénivellation dont la profondeur se situe entre 20 et 40 mm sous la règle de 3 m. À la vitesse maximale permise, la sécurité est peu compromise et le confort au roulement est modérément diminué.

Majeur : Dénivellation dont la profondeur est supérieure à 40 mm sous la règle de 3 m. À la vitesse maximale permise, la sécurité est compromise et le conducteur doit ralentir. Le confort au roulement est fortement diminué.

d) Mesure de l'étendue

Réseau : Longueur totale de route touchée par la dégradation, en mètres, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

Projet : Nombre d'affaissements ou superficie touchée, en mètres carrés, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

1.3.2.8 Désordre du profil

a) Description

Pentes et géométrie inappropriées favorisant l'accumulation des eaux de ruissellement en flaques sur la surface de la chaussée.

b) Causes probables

- Points bas non drainés.
- Affaissement le long des bordures (milieu urbain).

c) Niveau de sévérité

Faible : Accumulation d'eau sur une profondeur de moins de 20 mm.

Moyen : Accumulation d'eau sur une profondeur de 20 à 40 mm.

Majeur : Accumulation d'eau sur une profondeur de plus de 40 mm.

d) Mesure de l'étendue

Réseau : Longueur totale de chaussée touchée par la dégradation, en mètres, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

Projet : Superficie de chaussée touchée, en mètres carrés, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

1.3.2.9 Désenrobage et arrachement

a) Description

Érosion du mastic et perte des gros granulats en surface produisant une détérioration progressive du revêtement.

b) Causes probables

- Usure par trafic intense.
- Sous-dosage du bitume ou mauvais enrobage.
- Utilisation d'agrégats hydrophiles ou « bitumophobes ».
- Compactage insuffisant.
- Surchauffe ou vieillissement de l'enrobé (oxydation et fragilisation).
- Sollicitations accrues en zone de virage et de freinage (milieu urbain).

c) Niveau de sévérité

Faible : Perte tout juste observable du mastic ou des gros granulats, principalement dans les pistes de roues.

Moyen : Perte facilement observable du mastic laissant les gros granulats très apparents ou perte des gros granulats laissant un patron régulier de petites cavités généralisées à toute la surface.

Majeur : Surface entièrement érodée et dégradation accentuée dans les pistes de roues (début d'orniérage par usure).

d) Mesure de l'étendue

Réseau : Longueur totale de voie touchée par la dégradation, en mètres, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

Projet : Superficie touchée, en mètres carrés, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

1.3.2.10 Ressuage

a) Description

Remontée de bitume à la surface du revêtement, accentuée dans les pistes de roues.

b) Causes probables

- Surdosage du bitume.
- Effet combiné de la température élevée du revêtement et des sollicitations du trafic.
- Excès de liant d'accrochage.
- Formulation d'enrobé inadaptée aux sollicitations.

c) Niveau de sévérité

Faible : Le ressuage est surtout détectable dans les pistes de roues par l'apparition d'une bande de revêtement plus foncée et lorsque moins de 25 % de la surface de la chaussée est affectée. On distingue encore bien les gros granulats.

Moyen : Les pistes de roues sont bien délimitées par la couleur noire du bitume et moins de 50 % de la surface de la chaussée est affectée. Les gros granulats sont difficilement visibles.

Majeur : Aspect humide et luisant de la plus grande partie de la surface. La texture de l'enrobé est impossible à discerner. Le bruit des pneus est similaire à celui produit sur un revêtement mouillé. La plus grande partie de la surface est affectée.

d) Mesure de l'étendue

Réseau : Longueur totale de voie touchée par la dégradation, en mètres, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

Projet : Superficie touchée, en mètres carrés, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

1.3.2.10 Pelade

a) Description

Arrachement par plaques de l'enrobé de la couche de surface.

b) Causes probables

- Mauvaise adhérence de la couche de surface (ex. : manque de liant d'accrochage, incompatibilité chimique, saleté entre les couches).
- Épaisseur insuffisante de la couche de surface.
- Chaussée fortement sollicitée par le trafic.

c) Niveau de sévérité

Faible : Pelade dont la surface d'arrachement est inférieure à 0,5 m carré.

Moyen : Pelade dont la surface d'arrachement est de 0,5 à 1,0 m carré.

Majeur : Pelade dont la surface d'arrachement est supérieure à 1,0 m carré.

d) Mesure de l'étendue

Réseau : Longueur totale de voie en mètres touchée par la dégradation, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

Projet : Superficie touchée, en mètres carrés, par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

1.3.2.11 Nid de poule

a) Description

Désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables.

Les trous peuvent être comblés par du rapiéçage temporaire.

b) Causes probables

- Faiblesse ponctuelle de la fondation.
- Épaisseur insuffisante du revêtement.
- Chaussée fortement sollicitée par le trafic lourd.

Note :

Le nid-de-poule est la manifestation finale d'une combinaison de différents problèmes.

c) Niveau de sévérité

Faible : Nid-de-poule de diamètre de moins de 200 mm.

Moyen : Nid-de-poule de diamètre de 200 à 300 mm.

Majeur : Nid-de-poule de diamètre de plus de 300 mm.

d) Mesure de l'étendue

Réseau et projet : Nombre de nids de poule par secteurs successifs de 100 m et par niveau de sévérité.

1.3.3 L'effet de l'eau

Comme développé ci haut, le climat et le trafic sont à l'origine de bien des dégradations au niveau des chaussées. L'eau bien qu'incluse dans le volet du climat est la principale cause de dégradation des chaussées.

Tout sol non imbibé a en général une bonne portance et sa plasticité même élevée n'est pas une gêne pour la circulation. Par contre, certains matériaux très plastiques, tels que l'argile, portés à imbibition deviennent glissants au contact de l'eau donc deviennent dangereux pour la circulation, se déforment et quelquefois s'affaissent et s'effondrent par manque de portance.

Il y'a lieu de remarquer deux phénomènes : les eaux qui stagnent et les eaux qui ruissellent.

- a) *Les eaux qui stagnent* pénètrent dans la masse des remblais soit par la partie supérieure (eaux de pluies) soit par la partie inférieure (remontées capillaires), modifient les caractéristiques mécaniques des sols, altèrent leur résistance, provoquent des désordres internes tels que tassements, glissements et voire même effondrement de remblais considérés comme stables.
- b) *Les eaux qui ruissellent* sont généralement animées de grandes vitesses et érodent la surface de la chaussée. Les ravinelements causés par les eaux, sont d'autant plus importants que la vitesse de l'eau est grande et que les terrains manquent de cohésion.

1.4 Conclusion

Après ce bref survol des différentes dégradations des corps de chaussées et de leur couche de roulement on est à même d'apprécier l'importance de l'entretien routier pour une durée de vie prolongée de la route. De plus en plus les populations sont conscientes de cet état de fait et mesure à sa juste valeur l'importance de routes stables et durables au sein de toute communauté. Ainsi bon nombre d'efforts sont faits dans ce sens à travers les programmes d'entretien routier annuels et triennaux glissants dont les financements sont tirés notamment du fonds routier.

En alliant la maîtrise de la programmation en matière d'entretien routier ainsi qu'un flux important de capitaux il est sur que le réseau classé s'en trouverait rajeuni et renforcé.

CHAPITRE 2 : Stratégies d'aménagement, de réhabilitation et d'entretien routier au Sénégal et dans la sous-région.

2.1 Bilan des systèmes d'entretien et de réhabilitation routier mis en place au Sénégal et dans la sous-région.

2.1.1 Intervenants dans les différentes étapes de l'entretien routier au Sénégal.

2.1.1.1 Présentation et rôle de l'AATR

Au Sénégal, le secteur routier relève du ministère des infrastructures, des transports terrestres, des télécommunications et des TIC (MITTT). Créée par décret n°2000.686 du 03 Août 2000 et placée sous tutelle du MITTTTIE, l'Agence Autonome des Travaux routiers (AATR) a pour mission d'assurer la mise en œuvre des travaux de construction, d'entretien et de réhabilitation du réseau routier.

L'AATR, faisant office de maître d'ouvrage délégué, est chargée de s'occuper de la passation des marchés aux entreprises privées et du contrôle des travaux exécutés par ces dernières.

L'AATR est également chargée :

- de mettre en place une banque de données routières avec les services routiers du ministère ;
- d'élaborer le Programme Triennal Glissant (PTG) de travaux à actualiser et dont les activités de la première année constituent le Programme d'Entretien Routier Annuel (PERA) ;
- d'assurer la gestion des emprises des routes du réseau classé ;
- d'agréer et de répertorier en fonction de leurs capacités et qualifications, les bureaux d'études et les entreprises spécialisés dans les travaux routiers ;
- de préparer en collaboration avec les services routiers du ministère, les dossiers de recherche de financement pour les projets à sa charge ;
- de prendre toutes les mesures nécessaires pour la sauvegarde de l'environnement dans le cadre des travaux routiers ;

- de formuler à la demande de l'autorité compétente, des avis sur des questions ayant trait aux routes ;

2.1.1.2 Autres agences intervenantes sur le réseau routier

En plus de l'AATR, d'autres agences interviennent sur le réseau routier. Il s'agit de :

- **L'Agence d'Exécution des Travaux d'intérêt Public contre le sous-emploi (AGETIP)** : qui agit comme maître d'ouvrage délégué pour les projets de bâtiments. Elle supervise certains projets d'intérêt public financés par l'Etat Sénégalais et les bailleurs de fonds.
- **L'Agence pour la Promotion des Investissements et pour les Grands Travaux (APIX)** : créée en juillet 2000, elle est placée directement sous la tutelle directe de la Présidence de la République. Elle a la double responsabilité de favoriser l'accueil des investisseurs étrangers et d'assurer la maîtrise d'ouvrage déléguée pour les grands projets du Président de la République.

2.1.2 Stratégie d'entretien et de réhabilitation routière mise en place au Sénégal.

2.1.2.1 Programmation de l'entretien routier

Dans le but d'une gestion optimale de notre réseau et pour assurer sa pérennité, la programmation d'un système d'entretien routier s'avère indispensable. C'est dans ce sens que l'AATR, depuis 2001, met en place des Programmes Triennaux Glissants d'entretien courant, d'entretien périodique, de réhabilitation et de renforcement du réseau routier sénégalais.

2.1.2.2 Programme Triennal Glissant (PTG)

Le Programme Triennal Glissant est un programme d'entretien et de réhabilitation ou renforcement routier défini sur trois (3) ans conçu à l'aide du logiciel HDM III (Highway Design Maintenance). Ce programme découle d'une inspection sommaire des routes en terre et revêtues du réseau sénégalais.

Il s'agit d'introduire un ordre prioritaire sur des axes routiers à réhabiliter ou à entretenir afin de pouvoir assurer une meilleure utilisation des ressources.

Les critères de choix de l'ordre de priorité seront appelés à répondre à un certain nombre d'objectifs, en particulier de rentabilité économique et de stratégies d'aménagement du territoire, telle que l'option en faveur d'un équilibre entre les régions

Les critères retenus dans cette étude sont d'ordre technique, économique, social et d'aménagement du territoire.

Pour les considérations économiques, il est retenu les critères suivants :

- taux de rentabilité interne (TRI),
- coût de l'aménagement,
- flux de trafic (exprimé en véhicule/km),
- l'IRI. Un axe dont l'IRI est correct devra passer en premier, tout étant égal par ailleurs. Ce critère prend en considération la pérennité de l'investissement.

Pour les considérations sociales, il est retenu les critères suivants :

- Population de la zone d'influence,
- Coût d'interruption de la circulation.

Pour les considérations d'aménagement du territoire, il est retenu les deux critères suivants :

- Linéaire en pourcentage du réseau classé par région,
- Importance de l'axe, exprimé par son linéaire en km.

2.1.2.2.1 Normes d'entretien des routes revêtues et non revêtues

Des inspections visuelles ont été réalisées sur l'essentiel des réseaux revêtu et non revêtu par des bureaux locaux. Les résultats permettent d'obtenir des informations sur :

- les niveaux des fissures, des nids de poule, des arrachements, des ornières, des épaufrures et des CBR pour les routes revêtues ;
- les épaisseurs de la dernière couche d'apport et de la couche de base pour les routes non revêtues.

Cependant, les programmes de travail établis par les bureaux d'étude ne sont pas toujours en phase avec le niveau général de l'état de chaussée donné par les indices VIZIR. Ainsi, il n'est pas rare qu'il soit proposé un entretien courant pour un indice VIZIR de 4 (déformation et fissuration > 50%) à la place d'un entretien périodique ou d'une réhabilitation. Aussi, quand il

y a déphasage entre les programmes de travail et l'indice général VIZIR, les normes d'entretien retenues sont celles qui découlent de l'indice général VIZIR.

2.1.2.2.1.1 Normes d'entretien des routes revêtues

Les normes d'entretien des routes revêtues sont celles retenues lors du PTG 2003 – 2005. Elles sont bâties en fonction des programmes de travail établis lors des inspections visuelles et des classes de trafics. Elles sont reproduites dans le tableau ci-après :

Tableau 9 : Matrice des travaux sur axes routiers revêtus, par classe de trafic

Classe de trafic	0/250	250/500	500/1000	1000/3000	> 3000	VU
Entretien courant	PAT + EC1	PAT + EC1	PAT + EC2	PAT + EC3	PAT + EC3	PAT + EC4
Entretien périodique 1	PAT + Mono	PAT + Mono	PAT + Mono	PAT + Bi BB 3	BB 3	PAT + EC4
Entretien périodique 2	PAT + Mono	PAT + Mono	PAT + Bi	BB 5	BB 5	PAT + EC4
Entretien périodique 3	PAT + Mono	PAT + Bi	Epauf 3		BB 5	PAT + EC4
Réhabilitation V1/2	Epauf 3	Epauf 3	Epauf 3	Renfor 2		EC4
Réhabilitation V3/4	Epauf 3	Renfor 4	Renfor 3 Réhab 3	Réhab 2	Renfor 1	
Renforcement	Epauf 3	Réhab 4			Réhab 1	
Réhabilitation	Reprof 5 Renfor 4					Renfor VU Renfor VU

Source : A.A.T.R, mai 2006

Avec :

- *PAT* : Point à temps, bouchage des nids de poule, variable selon importance et étendue
- *EC1 à EC4* : entretien courant variable selon la catégorie de trafic (EC1 trafic <500, EC2 trafic compris entre 500 et 1000, EC3 trafic > 1000, EC4 trafic en zone urbaine)
- *Mono et Bi* : enduits superficiels mono et bicouche
- *BB3 et BB5* : béton bitumineux d'épaisseur 3 ou 5 cm
- *Epauf3* : traitement des épaufrures de niveau 3
- *Renfor 1 à 5 & VU* : renforcement variable selon la catégorie du trafic
- *Réhab 1 à 5 & VU* : réhabilitation variable selon la catégorie du traf

2.1.2.2.1.2 Normes d'entretien des routes non revêtues

L'état global des routes non revêtues a été obtenu en utilisant la méthode VIZIRET.

Pour quantifier les dégradations, la méthode VIZIRET attribue des notes individuelles pour chaque type de dégradation. Ces notes varient de 1 à 3 suivant l'ampleur de la dégradation :

Les politiques d'entretien qui en ont découlé ont été adoptées dans le présent Programme Triennal Glissant pour les différents types de routes non revêtues classifiées comme suit :

- *Routes en Terre Moderne (RTM)* : routes aménagées avec une mise hors d'eau et un assainissement satisfaisant (terrassements et ouvrages complets, couche de roulement systématique) ;
- *Routes en Terre Sommaire (RTS)* : routes sommairement aménagées avec quelques ouvrages notamment de traversée, mais les terrassements restent insuffisants, la route étant en général au niveau du terrain naturel, couche de roulement généralement inexistante ;
- *Pistes* : routes n'ayant quasiment aucun aménagement, chaussée sur le terrain naturel, pas ou très peu d'ouvrages d'assainissement et de traversée, pas de couche de roulement.

Les normes portent sur les travaux suivants :

- reprise de la plate-forme et rechargement général ;
- rechargement général ;
- rechargement partiel ;
- reprofilage léger et entretien courant
- reprofilage compactage et entretien courant.

Les travaux de rechargement consistent à la mise en place d'une couche de roulement de 15 cm partout où l'épaisseur résiduelle est inférieure à 5 cm. Les travaux de reprofilage portent sur la remise en forme de la chaussée avec ou sans compactage. Les travaux d'entretien courant couvrent les tâches de débroussaillage, curage des ouvrages et fossés éventuellement existants et entretien des ouvrages.

Les différentes interventions sur les routes en terre sont résumées dans le tableau ci-après :

Tableau 10: Matrice des travaux sur axes routiers non revêtus

I	Plateforme et rechargement
II	Rechargement général
III	Rechargement partiel
IV	Reprofilage léger et entretien courant
V	Reprofilage compactage et entretien courant
VI	Entretien courant

Source : AATR, mai 2006

Pour l'analyse du programme à partir du modèle HDM, les considérations suivantes ont été retenues :

Pour les routes revêtues, les normes sont appliquées selon les valeurs de l'IRI (indice de rugosité):

- Entretien courant de chaussée quand $IRI < \text{ou} = 6$
- Entretien Périodique quand $IRI > 6$
- Renforcement quand $IRI = \text{ou} > 10$
- Réhabilitation quand $IRI = \text{ou} > 13$

Pour les routes non revêtues, les normes sont appliquées à partir des propositions de travail découlant des inspections sommaires.

2.1.2.2.2 Coûts unitaires de travaux des routes revêtues

Les coûts unitaires (au km) de travaux d'entretien considérés sont ceux fournis par l'AATR. Ils sont déterminés hors TVA (Taxe sur la Valeur Ajoutée) en fonction des différentes tâches et de la largeur des routes. Ils sont résumés comme suit :

Tableau 11: Coûts Unitaires d'Entretien des Routes Revêtues et Tâches de l'Entretien Courant (voir annexe B)

Source : AATR, mai 2006

2.1.2.2.3 Coûts unitaires de travaux des routes non revêtues

Les coûts relatifs aux travaux sur les routes non revêtues sont répertoriés dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Coût au km en F CFA HTVA d'axes routiers non revêtus

I	Plateforme et rechargement	Km	12 825 000
II	Rechargement général	Km	9 825 000
III	Rechargement partiel	Km	3 518 700
IV	Reprofilage léger et entretien courant	Km	910 800
V	Reprofilage compactage et entretien courant	Km	1 432 800
VI	Entretien courant	Km	490 800

Source : AATR, mai 2006

2.1.2.3 Le Programme d'Entretien Routier Annuel (PERA)

Le PERA est un programme d'entretien routier annuel élaboré à partir du PTG pour répondre à un impératif de mieux optimiser les ressources budgétaires de l'Etat du Sénégal.

Durant l'année 2001-2002, l'élaboration du PERA a été faite dans un souci de continuité pour assurer une cohérence dans les divers travaux de récupération et de consolidation du réseau routier classé.

En 2003, année de mise en œuvre du PTG 2003-2005, le PERA avait pour but d'optimiser les concepts et critères de mise en œuvre de l'entretien du réseau routier classé.

Le PERA 2005, qui constitue le dernier, a été élaboré en tenant compte de l'ensemble des tâches prévues par le PTG 2003-2005.

2.1.2.4 Stratégie financière

Les principales sources de financement des travaux routiers sont le Budget National d'Equipement (BNE), le Fonds Routier et les financements extérieurs. Les Ministères chargés du plan et des finances assurent le rôle de mobilisateur et de gestionnaire des ressources financières du secteur.

Les Ministères chargés du développement et de l'urbanisme ou les collectivités décentralisées s'occupent de tout ce qui se rapporte respectivement à une partie des pistes rurales et à la voirie urbain.

2.1.3 Stratégie d'entretien et de réhabilitation routiers mise en place dans la sous-région

2.1.3.1 Stratégie d'entretien et de réhabilitation routiers mise en place au Bénin

Au Bénin, la stratégie de programmation de l'entretien routier concerne la totalité des routes classées et des inspections et analyses visuelles sont organisées sur l'ensemble du réseau routier.

Des campagnes de comptage et de vérification des dégradations se font continuellement sur le réseau routier classé. En somme, au Bénin, la stratégie de programmation de l'entretien routier est basée sur le trafic et les dégradations sans distinction de catégories de routes.

Le tableau suivant donne les tâches d'entretien à effectuer et leurs périodicités.

Tableau 13: Tâches et fréquences des entretiens

Tâche	Définition	Périodicité
Rechargement partiel	Apport de matériaux pour reconstituer la chaussée au niveau des zones localisées. Elle intervient si ces zones représentent moins de 50% de l'itinéraire.	Dépend de la sollicitation du trafic.
Reprofilage lourd	Cette tâche s'exécute dans les sections d'épaisseur résiduelle de la couche de roulement comprise entre 8 et 5 cm et où les fossés se trouvent dans un mauvais état.	Sa fréquence d'exécution varie de 1 à 2 pour les routes fortement circulées.
Reprofilage léger	Il est exécuté systématiquement sur tous les tronçons sous circulation avec des fréquences d'intervention variant de 2 à 6 suivant le trafic et la qualité des matériaux de chaussées ; il vise à supprimer la tôle ondulée	Sa fréquence annuelle est de 2 à 6 selon le trafic et les matériaux de chaussée.

Curage mécanique des fossés en terre	L'opération consiste à nettoyer les fossés et leurs abords puis à évacuer les débris de façon à faciliter une bonne circulation des eaux de ruissellement.	Sa fréquence est de 1 à 2 fois par an dans les régions du nord et du sud.
Point à temps en terre	Il consiste à boucher les trous apparus par des matériaux de bonne qualité.	Sa fréquence est principalement fonction du trafic et des matériaux de chaussée.
Point à temps bitume	Il consiste à supprimer apparus sur les tronçons de route bitumée.	Sa fréquence est principalement fonction du trafic et du drainage de la chaussée.
Rechargement d'accotement sur routes bitumées	Elle consiste à recharger les accotements avec des matériaux de chaussée.	Sa fréquence est principalement fonction du drainage de la chaussée.
Réhabilitation d'ouvrage	Reprise ou réhabilitation d'ouvrage	Pas de fréquence prédéfinie
Mise en forme de piste	Elle consiste à rétablir la circulation sur une piste par l'exécution d'un certain	Pas de fréquence prédéfinie

	<p>nombre des tâches précédemment notamment : la construction d'ouvrage, le reprofilage lourd, le rechargement partiel, le curage mécanique des fossés.</p>	
Cantonnage annuel	<p>Il englobe les travaux de désherbage manuel, de curage manuel des fossés, des ouvrages d'assainissement et des caniveaux, des bassins de rétention et des divergents.</p>	<p>4 passes par an suivant les régions.</p>
Signalisation verticale	<p>Reprise des balises et panneaux</p>	<p>Pas de fréquence prédéfinie</p>
Barrières de pluies	<p>Il s'agit de barrières de pluie installées sur des tronçons de routes en terre. Leur fermeture pendant et après les pluies permet d'éviter les défoncements de la route sous l'effet du trafic et de sauvegarder ces tronçons de route de terre. Leur garde est assurée par des agents de la localité avec qui des contrats individuels sont signés en fonction de la durée des</p>	<p>Durant la saison des pluies</p>

	pluies dans la zone considérée.	
--	------------------------------------	--

Source A.A.T.R 2006

2.1.3.2 Stratégie d'entretien et de réhabilitation routiers mis en place en Guinée Bissau.

La stratégie d'entretien est composée de cycles annuels et se base sur un inventaire et une inspection du réseau routier classé dans le but de mettre à jour une base de données. Les activités de l'entretien sont classifiées en fonction de leur fréquence et pour chaque activité, on décrit la liste des tâches à exécuter et les listes des ressources humaines et matérielles.

On distingue donc :

- l'entretien courant : il est prévu chaque année et comprend tous les travaux habituels de débroussaillage, nettoyage, enlèvement des obstacles etc.
- l'entretien récurrent : ce sont les activités fréquentes d'entretien, dont l'exécution se fait chaque année mais dont la fréquence dépend du trafic. Il comprend toutes les tâches qui éliminent les dégradations dues, soit à l'intensité du trafic, soit aux diverses sollicitations de la structure.
- l'entretien périodique : Il concerne des activités d'une fréquence plus élevée et qui dépend des sollicitations du trafic et de l'environnement. Cet entretien vise à ramener la route à son niveau de construction par un aménagement assez lourd qui peut être la reprise de la couche de roulement ou le rechargement de la couche de chaussée.
- l'entretien d'urgence : ce sont des travaux d'entretien inattendu, qui concerne la réparation des dommages provoqués par des intempéries, des désastres, des actions militaires ou des conflits.

Les trois premiers types d'entretien sont prévisibles et programmables, alors que l'intervention d'urgence est imprévue et présente un caractère d'urgence.

2.1.3.3 Stratégie d'entretien et de réhabilitation routiers mise en place au Ghana

La stratégie d'entretien routier au Ghana est basée sur le niveau des dégradations et les trafics sur le réseau.

La stratégie est basée donc sur une note de qualité de la route qui varie de 0 à 100 en fonction des différentes dégradations de la route.

Le tableau suivant donne l'état de la route en fonction du coefficient CS qui est la note de la dégradation qu'il faut déduire de la valeur 100 pour avoir la note de qualité :

Tableau 14 Dégradations des routes

Route en terre	
Condition état de la dégradation	Marges de valeur
Bon	$65 < CS = 100$
Moyen	$40 = CS = 65$
Mauvais	$0 = CS < 40$
Route en Béton bitumineux	
Condition état de la dégradation	Marges de valeur
Bon	$70 < CS = 100$
Moyen	$40 = CS = 70$
Mauvais	$0 = CS < 40$
Route en enduit superficiel	
Condition état de la dégradation	Marges de valeur
Bon	$65 < CS = 100$
Moyen	$35 = CS = 65$
Mauvais	$0 = CS < 35$

Source A.A.T.R 2006

2.2 Analyse critique des systèmes d'entretien et de réhabilitation routiers au Sénégal et dans la sous-région.

2.2.1 Avantages et inconvénients du système d'entretien et de réhabilitation routiers au Sénégal.

2.2.2.1 Avantages et atouts du système

L'Agence Autonome des Travaux Routiers constitue le principal atout de la stratégie d'entretien et de réhabilitation du réseau routier sénégalais. En effet, l'agence assure une gestion continue du réseau routier classé ainsi que la maîtrise d'ouvrage déléguée des travaux sur ledit réseau conformément à la lettre de mission et aux lettres d'objectifs annuels qui lui sont assignés.

L'utilisation du logiciel HDM (Highway Design Maintenance) est un avantage considérable vu ces performances.

2.2.2.2 Manquements et insuffisances du système

Le financement routier constitue un frein à la stratégie d'entretien. En effet, au Sénégal, il n'existe pas de Fonds Routier spécifique ; le financement de l'entretien routier se fait à travers une dotation budgétaire globale allouée par l'Etat.

Il faut signaler un conflit de compétence entre L'Agence Autonome des Travaux Routiers (AATR) et la Direction des Travaux Publics (DTP).

2.2.2 Avantages et inconvénients du système d'entretien et de réhabilitation routiers au Bénin.

2.2.2.1 Avantages et atouts du système

Le système d'entretien et de réhabilitation du Bénin présente les avantages et atouts suivants :

- utilisation du logiciel HDM4 ;
- politique continu d'entretien ;

- existence d'un Fonds Routier autonome ;
- classification annuelle du réseau sous forme de niveaux de service ;
- contrôle et audit de l'entretien routier.

2.2.2.2 Manquements et insuffisances du système

Le système d'entretien et de réhabilitation du Bénin présente les manquements et insuffisances suivantes :

- la responsabilité de programmation de la Direction Générale des Travaux Publics qui constitue un lourd fardeau pour cette direction ;
- les travaux urgents faits en régie ;
- le manque de logiciel spécifique signalé pour la gestion des données routières ;

2.2.3 Avantages et inconvénients du système d'entretien et de réhabilitation routiers en Guinée Bissau.

2.2.2.3 Avantages et atouts du système

Le système d'entretien et de réhabilitation de la Guinée Bissau présente les avantages et atouts suivants :

- une bonne programmation de l'entretien routier avec une exécution mixte des travaux (régie-entreprise) ;
- existence d'un fonds routier depuis 1984 ;

2.2.2.4 Manquements et insuffisances du système

Le système d'entretien et de réhabilitation de la Guinée Bissau présente les manquements et insuffisances suivantes :

- la classification routière ne distingue pas les routes inter Etats pour une exploitation sous régionale ;

- le manque d'expérience des entreprises d'exécution ;
- les travaux d'urgence ne sont pas pris en compte dans la stratégie d'entretien.

2.2.4 Avantages et inconvénients du système d'entretien et de réhabilitation routiers au Ghana.

2.2.4.1 Avantages et atouts du système

Le système d'entretien et de réhabilitation du Ghana présente les avantages et atouts suivants :

- l'Autorité Routière du Ghana qui assure une bonne gestion du réseau classé ;
- l'utilisation du logiciel HDM4 ;
- une bonne maîtrise des travaux routiers par les entreprises.

2.2.4.2 Manquements et insuffisances du système

Le système d'entretien et de réhabilitation du Ghana présente les manquements et insuffisances suivantes :

- les limites dans le financement des routes par le Fonds d'Entretien routier ;
- une mauvaise gestion des ressources du fonds.

2.3 Analyse des points de convergence et de divergences des différentes stratégies des pays de la zone UEMOA.

2.3.1 Analyse des points de convergences.

La majorité des pays de la zone UEMOA ont engagé, depuis 1980 une série de réforme dans le cadre des programmes d'ajustement structurel ainsi que des programme sectoriels d'appui au secteur routier.

Les principales réformes sont les suivantes :

- Les différentes structures gestionnaires de la route auront pour rôle :
 - 1 La définition et la mise en œuvre des politiques et des stratégies du secteur.
 - 2 La gestion du système routier.
 - 3 La programmation, dans certain cas encore, la maîtrise d'ouvrage.
- Le recours aux prestations du secteur privé national et international. Concomitamment à la réforme organisationnelle ci-dessus, on a assisté à un désengagement des structures traditionnellement responsables de l'entretien et à une privatisation progressive de leurs activités.

Les réformes de transfert de responsabilités et d'activités sont cependant encore timides au sein des pays de l'UEMOA ; la maîtrise d'ouvrage de l'entretien routier, par exemple, est encore exclusivement dévolue aux services de l'administration certain pays de la zone UEMOA.

2.3.2 Analyse des points de divergences

Les divergences entre les différentes stratégies d'entretien des pays de la zone UEMOA sont relatives :

- A la classification du réseau : en effet pour des routes de même niveau de service le nomination diffère d'un pays à un autre.
- Aux intervenants dans la gestion du système routier : en effet la définition des orientations politiques sectorielles est de la responsabilité exclusive des Etats dans l'ensemble des pays de l'espace UEMOA ; cette dernière est exercée par les ministères chargés des routes et des transports. Interviennent également dans le processus les ministères chargés des finances et du plan responsable de la gestion économique et financière et de la mobilisation des ressources financières.

- A la programmation de l'entretien routier : Au niveau de cinq pays de la zone UEMOA les services en charge des routes sont encore exclusivement responsables de la programmation de l'entretien routier (Bénin, Burkina Faso, Guinée Bissau, Niger et Togo). Les autres pays ont évolué soit vers des systèmes de partenariat entre les services de l'administration et des agences de maîtrise d'ouvrage déléguée (Mali, Sénégal) soit vers un transfert intégral des responsabilités de programmation aux agences de maîtrise d'ouvrages déléguée (Cote d'ivoire).

On peut conclure en disant qu'il serait important d'harmoniser l'ensemble des stratégies utilisées dans la zone UEMOA.

2.4 Conclusion

L'entretien routier reste un aspect important pour nos Etats à revenus limités. C'est dans ce sens que nous avons pu remarquer que beaucoup d'efforts ont été réalisés. Cependant des efforts restent à faire, mais avec la mise en place d'une stratégie d'entretien optimale, on peut s'attendre à une nette amélioration de l'état des routes du réseau classée de la zone UEMOA.

CHAPITRE 3 : Présentation du logiciel HDM4

3.1 Définition

Le logiciel modèle des règles standards en entretien et conception des routes, Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM-4) a été élaboré par la Banque Mondiale depuis deux (2) décennies et répond en particulier aux besoins des pays en développement, pour l'évaluation des politiques d'entretien, des normes et programmes de construction et d'entretien routier.

HDM-4 sert alors de prise de décision dans l'évaluation des projets d'investissement routier, l'analyse et l'amélioration des règles standard et des stratégies liées à l'ensemble des travaux routiers.

3.2 Rôle de HDM-4

L'objectif du modèle HDM-4 est de mettre en évidence le rôle que joue le système de transport routier dans la fourniture de services de transport efficaces et de voir comment les investissements liés aux routes et aux véhicules peuvent affecter les économies de transport, ainsi que l'environnement.

Le logiciel est destiné à faciliter les enquêtes menées sur l'efficacité des investissements en construction et en entretien de l'infrastructure routière, et à assister les gestionnaires des réseaux routiers, en planifiant les investissements liés aux travaux futurs sur le réseau.

3.3 Les différentes fonctionnalités du logiciel

Le fonctionnement du logiciel peut être subdivisé en cinq (5) fonctionnalités que sont :

- la fonction de gestion : le logiciel offre un système performant en analyse de gestion des routes et en choix d'investissement ;
- la fonction planification stratégique : le logiciel permet de faire une estimation à long terme des dépenses liées au développement et à l'entretien du réseau routier, selon différents scénarios budgétaire et économique ;

- la fonction programmation des travaux routiers : cette fonction permet de classer les différents travaux d'une stratégie donnée par ordre de priorité afin d'optimiser l'ensemble ;
- la fonction évaluation des projets : elle permet d'estimer la viabilité économique ou technique des projets d'investissement routier en interprétant les analyses des effets dus à l'entretien et/ou aux améliorations apportées ;
- la fonction recherches et études sur les politiques routières : le logiciel permet de mener à bien certaines politiques routières.

L'ensemble des fonctionnalités du modèle HDM-4 permet d'examiner des questions telles que :

- ✓ Est-ce qu'un projet de construction ou d'entretien est justifié?
- ✓ Quel est le projet de construction ou d'entretien qui donne le rendement le plus élevé?
- ✓ Est-il plus judicieux de reconstruire une nouvelle route que de procéder à sa réhabilitation?
- ✓ Comment définir les priorités parmi les routes à inclure dans un projet routier ;
- ✓ Combien devrait-on dépenser pour maintenir les routes asphaltées ;
- ✓ Quelle est la combinaison de stratégies d'entretien qui donne le meilleur rendement économique global des coûts pour un niveau de financement de l'entretien?
- ✓ Quel est le budget souhaité qui minimise les coûts totaux de transport routier;
- ✓ Quelles sont les politiques et les normes pour la construction et la maintenance routières qui soient compatibles avec les ressources disponibles ?

3.4 Utilisation du modèle HDM-4

Les utilisateurs confrontés à l'une des conditions ci-dessus doivent reconnaître qu'ils sont en dehors de la base de données empirique du modèle actuel et devraient prendre les dispositions ou adaptations dans l'analyse. Donc un paramétrage s'impose pour son applicabilité dans la zone UEMOA.

3.5 Conclusion

Ce chapitre constitue juste un petit rappel des fonctionnalités du modèle HDM-4 qui a été déjà fait dans un travail précédent entrant dans le même cadre que notre projet.

Le logiciel est en somme un outil de prise de décision pour les investisseurs ou pour les gestionnaires tel que l'Agence Autonome des Travaux Routiers.

Chapitre 4 : Mise à jour des paramètres de calibrage HDM et évaluation économique

Comme toute donnée, les paramètres de calibrage HDM ont besoin d'une mise à jour pour une plus grande fiabilité des résultats obtenus. C'est dans cette optique que nous avons procédé à une collecte de données plus récentes, données qui seront utilisées pour la détermination des paramètres HDM. Pour les données d'entrées du Sénégal il nous faut considérer les conjonctures économique, sociale, climatique, physique et culturelle. Ainsi, outre l'état de chaussée, découlant des inspections visuelles, il est nécessaire de disposer, pour la définition de chaque section homogène, de données fiables sur :

- les caractéristiques physiques de l'environnement du réseau routier ;
- les caractéristiques techniques des véhicules ;
- les normes d'entretien et de construction ;
- les coûts unitaires d'entretien et des véhicules.

Ces données constituent les informations de base pour le Modèle HDM. La fiabilité de ces données est déterminante pour la valeur des analyses et partant pour la hiérarchisation des tronçons homogènes.

4.1 Evaluation économique et organisation administrative

4.1.1 Evaluation économique

L'évaluation économique de chaque tronçon homogène a été faite, à partir du Modèle HDM4-1.3, selon la méthode coûts/avantages à partir des coûts unitaires d'exploitation des véhicules et du trafic normal d'une part et à partir des normes et coûts unitaires d'entretien d'autre part. Les données supplémentaires suivantes ont été considérées :

- 3 ans pour la durée du programme ;
- un taux d'actualisation de 12% ;
- les taux de croissance du trafic normal (les trafics induits et les trafics détournés ne seront pas considérés) ;
- la part de chaque type de véhicule dans le trafic normal (données fournies par les comptages ou à défaut par des données des comptages sur des routes similaires).

Les taux de croissance annuelle du trafic normal ont été calés sur la croissance du PIB, égal à 5%, pour les véhicules de transport de marchandises et sur l'évolution de la population, estimée à 3%, pour les véhicules de transport de personnes.

Pour les routes à caractère régional, comme les pistes et les voies urbaines, il était prévu de caler les taux de croissance des véhicules de transport de personnes aux taux de croissance de population régionale figurant dans le tableau ci-dessous. Cependant, cette précision serait sans intérêt puisque ces routes ne font pas l'objet de comptages de trafics tant en volume qu'en composition en différentes catégories de véhicules et les données disponibles ne sont que très grossièrement estimées par STUDI en 2002.

Tableau 15 : Données socio-économiques régionales

Régions	Population (habitants)	Part (%)	Superficie (Km ²)	Densité (habitants/km ²)	Taux de croissance annuel (%)
Dakar	2411528	25	550	4231	3,69
Ziguinchor	557606	6	7339	74	2,57
Diourbel	930008	9	4359	207	3,11
Saint Louis	551440	5	14512	37	2,05
Matam	312000	3	29615	11	2,05
Tambacounda	530332	4	59602	9	2,43
Kaolack	1128128	12	16010	69	2,52
Thiès	1348637	14	6601	199	2,75
Louga	559268	6	29188	19	1
Fatick	639071	7	7930	78	1,72
Kolda	834753	9	21011	37	2,63

Total	9802775	100	196722	48	2,69
-------	---------	-----	--------	----	------

Source : BETEG, Etude économique des routes Ziguinchor Mpack et Ziguinchor Cap Skirring, 2004

L'évaluation économique des projets routiers consiste à donner une mesure de l'intérêt du projet en rapprochant d'une manière synthétique les avantages et les coûts attachés à la réalisation.

Plus précisément, l'évaluation d'un projet nécessite que soient définis :

- En quoi consistent les avantages et comment les mesurer ;
- En quoi consistent les coûts (inconvenients) et comment les mesurer ;
- La procédure à mettre en œuvre pour rapprocher ces avantages et coûts.

On conçoit alors qu'il n'y ait pas une seule évaluation possible pour un projet donné, mais que, au contraire, l'évaluation dépende du point de vue où l'on se place. L'objet et la forme des études de rentabilité sont différents selon qu'il s'agisse d'un investisseur privé ou d'un investisseur public.

Pour un investisseur privé, l'objet est de déterminer la rentabilité financière de l'opération, c'est-à-dire la possibilité de couvrir avec les recettes d'exploitation (péage, redevances payées par différents sous-concessionnaires etc.), les dépenses engagées (investissement, entretien et frais d'exploitation). Cette analyse sert alors de base pour la négociation que l'investisseur privé engage avec l'administration publique.

Pour un investisseur public, l'étude de rentabilité vise principalement à déterminer les priorités entre des investissements généralement de même nature, ou à choisir entre deux alternatives d'un même projet, ou à optimiser la date de réalisation et de mise en service.

Quel que soit le cas, tous ces projets tendent vers des objectifs qualitatifs et quantitatifs de développement (croissance économique, répartition du revenu, création d'emplois).

Il va sans dire qu'il existe plusieurs méthodes d'évaluation de projets et beaucoup de théories sur la question. Toutefois, lors de l'évaluation économique, le logiciel HDM se base sur la méthode « coûts/avantages ».

Il s'agira maintenant de définir les concepts de cette méthode ainsi que les indicateurs qui permettent de juger de la rentabilité économique d'un projet.

4.1.1.1 Les coûts généralisés

Ils comprennent le coût moyen ressenti par l'utilisateur pour un trajet donné et le coût économique que cela représente pour la collectivité. Ces deux coûts sont en fait un amalgame de dépenses réelles et d'éléments non monétaires (risque d'accident, sécurité, temps passé,...)

4.1.1.2 Les avantages

Les avantages sont de deux sortes :

- *les avantages directs*, qui concernent principalement tous les usagers de la route : gain de temps, de confort, de sécurité et économie de fonctionnement des véhicules. Ils peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...)

- *les avantages indirects*, qui ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique des transports et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

Le principe de base du calcul des avantages est d'attribuer à l'utilité d'un trajet une valeur égale au coût maximum ressenti que l'utilisateur serait prêt à subir pour effectuer ce trajet (l'utilité d'un trajet est en principe en relation avec l'utilité de l'activité humaine qu'il permet) et donc exercer l'activité correspondante.

4.1.1.3 Les indicateurs de rentabilité

Les indicateurs de rentabilité généralement considérés dans le cadre d'une étude HDM sont essentiellement la Valeur Actuelle Nette (VAN) ou bénéfice actualisé (BA) et le Taux de Rentabilité Interne (TRI).

a) La Valeur Actuelle Nette (VAN)

La VAN ou BA est égale à la différence actualisée entre la somme des cash-flows et celle des investissements à mobiliser, augmentée de la valeur résiduelle au bout de la période du projet. Le taux d'actualisation utilisé dans les études de rentabilité inclut les trois composantes que sont le temps, l'inflation et le risque que représente tout projet d'investissement.

La valeur actuelle nette (VAN) représente ainsi le gain (ou perte) net économique après déduction de toutes les charges. Le projet sera jugé acceptable économiquement si la VAN est positive.

b) le taux de rentabilité interne (TRI)

Le taux de rentabilité interne (TRI) est un des indicateurs les plus couramment utilisés. Il est défini comme le taux d'actualisation qui annule la valeur actuelle nette (VAN).

Ce taux permet de mesurer l'opportunité d'investir dans le projet en comparaison avec les autres alternatives d'investissement proposées par le marché (banques, bourse..). Le projet est jugé rentable si le TRI est supérieur au taux d'actualisation.

4-1.2 Organisation administrative

Depuis début 2002, le Sénégal est divisé en 11 régions, 34 départements (Préfectures) qui sont subdivisés en Arrondissements (Sous-préfectures), Communes, Communautés rurales et Villages. Le village ou le quartier correspond à la cellule administrative de base. Chaque niveau est dirigé par une autorité à savoir : Un gouverneur et un président de conseil régional pour chaque région ; Un préfet pour chaque département ; Un sous- préfet par arrondissement ; Un maire par commune ; Un président par communauté rurale ; Un chef de village ou de quartier au niveau le plus périphérique.

4.2 Caractéristiques du réseau

Le modèle HDM requiert, pour chaque section homogène de route, des informations sur la zone climatique et la géométrie de la route.

4.2.1 Géométrie

Un certain nombre de paramètres sont communs aux routes revêtues et aux routes non revêtues :

- longueur de la section exprimée en km,
- largeur de la section exprimée en m,
- largeur d'un accotement exprimée en m,
- dénivelée cumulée (somme absolue des variations verticales) exprimée en m/km,
- sinuosité cumulée (somme absolue des variations angulaires) exprimée en °/km,
- altitude moyenne de la section exprimée en m,
- précipitation mensuelle exprimée en mm/mois,
- nombre de voies en service.

La longueur, la largeur ainsi que la largeur de l'accotement sont propres à la section et ne peuvent faire l'objet d'une typologie.

La dénivelée peut par contre faire l'objet d'une typologie selon la topographie du terrain :

- dénivelée nulle si le terrain est plat,
- dénivelée de l'ordre de 40 si le terrain est vallonné,
- dénivelée de l'ordre de 60 si le terrain est montagneux,

La sinuosité, comme pour la dénivelée, peut faire l'objet d'une typologie en fonction de la topographie du terrain :

- sinuosité nulle si le terrain est plat,
- sinuosité de l'ordre de 150 si le terrain est vallonné,
- sinuosité de l'ordre de 400 si le terrain est montagneux.

Pour chaque section homogène, les données de géométrie requises sont la dénivelée et la sinuosité. La dénivelée, exprimée en m/km, est égale à la somme absolue des variations verticales divisée par la longueur de la section. La sinuosité moyenne, exprimée en degré/km, est la somme absolue des déviations (angles des deux tangentes externes de chaque courbe) divisée par la longueur de la section.

Il n'existe pas à l'AATR de données complètes sur la géométrie des routes au Sénégal issues de levés topographiques sur l'ensemble des réseaux revêtus et non revêtus. Le bureau d'études STUDI a calculé, lors de l'élaboration du PTG 2003-2005, les dénivelés et les sinuosités de la plupart des routes non revêtues ; ces données ont été considérées dans le présent PTG. Pour les routes non revêtues, les valeurs par défaut fournies par le Modèle HDM ont été adoptées. Ces valeurs par défaut, pour les différents types de reliefs, sont les suivantes :

Tableau 16 : Coût au km en F CFA HTVA d'axes routiers non revêtus

Type de terrain	Dénivelée (m/km)	Sinuosité (degré/km)
Terrain parfaitement plat	0	0
Terrain dénivelé par des remblais	10	50
Terrain vallonné	20	150
Terrain légèrement escarpé	50	300
Terrain montagneux	80	500

Le nombre de voies en service peut également faire l'objet d'une typologie en fonction de la largeur carrossable :

- 1 si la largeur carrossable est $< 4,5$ mètres
- 1,5 si $4,5 < \text{largeur carrossable} < 6$ mètres
- 2 si $6,5 < \text{largeur carrossable} < 8$ mètres
- 3 si $8 < \text{largeur carrossable} < 11$ mètres
- 4 si la largeur carrossable est > 11 mètres

La précipitation mensuelle peut également faire l'objet d'une typologie en fonction de l'étage bio-climatique :

- 0.15 m/mois pour l'étage humide,
- 0.08 m/mois pour l'étage sub-humide,
- 0.02 m/mois pour l'étage semi-aride,
- 0.002 m/mois pour l'étage aride.

Les paramètres propres aux sections revêtues sont les suivants :

- le type de revêtement,
- le nombre et l'épaisseur du dernier revêtement exprimée en millimètres,
- le nombre et l'épaisseur des précédents revêtements exprimée en millimètres,
- l'âge du dernier revêtement, exprimé en année,
- l'âge de la route depuis sa construction, exprimé en année,
- le type de fondation,
- le nombre et l'épaisseur de couche de base,
- le Module de résilience M_r si la fondation est stabilisée au ciment,
- le CBR du sol,
- le nombre structurel SN,
- la déflexion sous P (essieu) = 80 KN et $p = 520$ Kpa, exprimée en millimètres,
- la superficie fissurée, exprimée en pourcentage,
- la superficie fissurée large, exprimée en pourcentage,
- la superficie présentant de la désintégration (arrachement), exprimée en pourcentage,
- la superficie présentant des nids de poule, exprimée en pourcentage,
- la profondeur moyenne des ornières, exprimée en millimètres,
- la valeur de l'écart type des ornières, exprimée en millimètres.

- l'IRI.

Le type de revêtement d'une chaussée revêtue est défini par un des sept types suivants :

- Type 1 : Enduit (*Surface treatment = ST*),
- Type 2 : Béton Bitumineux (*Asphalt Concrete = AC*),
- Type 3 : Coulis sur enduit (*Slurry on Surface treatment = SSST*),
- Type 4 : Enduit sur Enduit (*Reseal on Surface treatment = RSST*),
- Type 5 : Enduit sur Enrobé (*Reseal on Asphalt Concrete = RSAC*),
- Type 6 : Enrobé grenu à froid sur enduit (*Open graded cold mix surfacing = OCMS*),
- Type 7 : Coulis sur enrobé (*AC on AC, ST on AC or AC on ST*).

Le type de fondation est défini par un des trois codes suivants :

- Code 1 : la fondation est granulaire,
- Code 2 : la fondation est stabilisée au ciment,
- Code 3 : la fondation est stabilisée au bitume.

Les paramètres propres aux sections non revêtues sont les suivants :

- l'épaisseur de la couche d'apport exprimée en millimètres,
- l'âge de la couche d'apport, exprimée en années,
- l'indice de plasticité de la couche d'apport,
- la taille maximale des grains de la couche d'apport, exprimée en millimètres,
- tamis 2 mm, 0.425 et 0.08 mm de la couche d'apport, exprimé en pourcentage,
- l'indice de plasticité du sol support,
- la taille maximale des grains du sol support, exprimée en millimètres,
- tamis 2 mm, 0.425 et 0.08 mm du sol support, exprimé en pourcentage,
- l'IRI.

La couche d'apport et le sol support (indice de plasticité/tamis pour les sections non revêtues et CBR pour les sections revêtues) font l'objet d'une typologie en fonction des sols et matériaux rencontrés au Sénégal :

Latérite (Lat) :

Taille maximale des grains	:	20 mm
% passant à 2 mm	:	45 %
% passant à 0.425 mm	:	30 %
% passant à 0.075 mm	:	25 %

IP : 20

Sable (S) :

Taille maximale des grains : 5 mm

% passant à 2 mm : 85 %

% passant à 0.425 mm : 50 %

% passant à 0.075 mm : 30 %

IP : 0

Sable Argileux (SA) :

Taille maximale des grains : 5 mm

% passant à 2 mm : 90 %

% passant à 0.425 mm : 70 %

% passant à 0.075 mm : 50 %

IP : 10

Argile (A) :

Taille maximale des grains : 2 mm

% passant à 2 mm : 95 %

% passant à 0.425 mm : 80 %

% passant à 0.075 mm : 60 %

IP : 30

Les autres paramètres sont propres à la section et ne peuvent faire l'objet d'une typologie.

4.2.2 Zone climatique

La zone climatique, comme le relief et la nature des sols, est un facteur déterminant dans la conception des routes à construire (portance des sols support et détermination des profils en long et des profils en travers) ainsi que dans la gestion des routes existantes (modes et fréquences des entretiens).

Au Sénégal, le climat est tropical humide au Sud (Régions de Ziguinchor, Kolda et Tambacounda) et tropical aride au Nord. Il est caractérisé par l'alternance d'une saison sèche de novembre à mi-juin et d'une saison humide de mi-juin à octobre. Les températures dans la Région de Dakar varient entre 18° et 30° ; dans les autres régions, elles s'étagent entre 30° et 42°. Les précipitations annuelles diminuent tant en fréquence qu'en volume du Sud au Nord ;

elles varient entre 1500 mm au Sud (sur une période de quatre mois) et 400 mm concentrés au Nord (sur un mois et demi). Le pays est plat (40 m en moyenne) sauf dans le sud-est (Région de Tambacounda) où elle atteint une hauteur maximale de 581 mètres avec une moyenne de 300 m. Les sols sont en général sablonneux et/ou argileux,

Dans le Modèle HDM, les informations sur les précipitations mensuelles et les températures sont définies dans le module « configuration », alors que l'altitude (élévation par rapport au niveau de la mer) est portée dans la détermination du tronçon homogène. Pour les précipitations, les valeurs moyennes suivantes sont considérées :

- 175 mm/mois pour la zone tropicale humide ;
- 50 mm/mois pour la zone tropicale semi-aride ;
- 15 mm/mois pour la zone tropicale aride.

L'altitude moyenne a été estimée à 40 m pour l'ensemble des régions sauf pour celle de Tambacounda où il est appliqué une altitude moyenne de 65 m.

4.2.3 Agriculture

L'agriculture est la principale activité en milieu rural et occupe la frange la plus importante de la population sénégalaise. Les statistiques économiques révèlent qu'en 2004, le secteur agricole (composé des sous secteurs de: L'agriculture vivrière, l'agriculture industrielle ou d'exportation et la sylviculture et exploitation forestière) occupait plus de 33.3% des actifs (en équivalent temps plein) dont 62.1% dans le sous secteur de l'agriculture vivrière.

La contribution de l'agriculture à la formation du PIB (Produit Intérieur Brut) en volume est fluctuante sur la période 1980-2004, mais avec une tendance légèrement décroissante.

Malgré ses résultats peu reluisants, le secteur agricole a de grandes potentialités caractérisées par :

- une disponibilité en terre fertile : les superficies cultivables sont estimées à 3,8 millions d'hectares dont en moyenne seulement 2,4 millions d'hectares effectivement cultivées,
- une forte disponibilité en main-d'œuvre rurale,
- un climat à la fois soumis à des facteurs géographiques et des influences atmosphériques favorables. La circulation atmosphérique, facilitée par l'absence

d'obstacles montagneux, permet de pratiquer deux campagnes agricoles : une campagne hivernale pour les cultures pluviales et une campagne de contre saison pour les cultures en irriguée,

- un potentiel de ressources en eau relativement important de l'ordre de 35 Milliards de mètres cubes par an.

Les zones écologiques du Sénégal, et leurs cultures principales, sont les suivantes :

- bassin arachidier (mil/sorgho, niébé, arachide, maïs),
- périmètres irrigués du delta et de la vallée du fleuve Sénégal (riz, sorgho, maïs, tomate),
- cultures pluviales de la vallée du fleuve Sénégal (mil/sorgho, niébé, arachide),
- centre du Sénégal-Oriental (mil/sorgho, maïs, arachide, coton),
- Casamance (mil/sorgho, maïs, riz pluvial, riz de nappe, arachide, coton).

Les cultures de rente sont l'arachide, le coton et les produits maraîchers. L'arachide et le mil/sorgho occupent à eux seuls plus de 80 % des terres cultivées. Les cultures pluviales sont pratiquées au cours de la saison d'hivernage.

On peut donc dire que bien que l'agriculture soit un des agrégats importants du Produit Intérieur Brut du Sénégal (20 % en moyenne), ce secteur reste toutefois soumis à un ensemble de contraintes qui freinent son développement.

En outre, le croisement de la carte des précipitations avec la carte administrative du Sénégal fournit le nombre annuel de jours de pluies par département.

L'interruption d'un axe à la circulation, pour cause d'intempéries, est égal au nombre annuel de jours de pluies lorsque son état est mauvais à très mauvais (niveau de service N_0). Les statistiques sur le Sénégal sur le nombre de jours d'interruption de la circulation en fonction de l'état de l'axe montrent que pour une route en moyen état (niveau de service N_1), le nombre de jours d'interruption de la circulation s'élève en moyenne à 65 % du nombre total de jours de pluies.

L'évaluation du coût « agricole » d'interruption de la circulation par département est estimée de la manière simple suivante :

$$CI(\text{agricole})_j = \frac{t_i * (NJI_j)_{N_0, N_1} * V_j}{365} \quad (7)$$

Où :

- $CI(\text{agricole})_j$: coût « agricole » d'interruption de la circulation dans le département j

- t_i : taux d'intérêt (12 %)
- NJI_j : nombre de jours d'interruption de la circulation dans le département j pour les niveaux de service $N0$ ou $N1$
- V_j : valeur de la production agricole par département à laquelle lui est retranchée la part des exportations du département et la part auto-consommée.

4.2.4 Industrie

Depuis l'indépendance du Sénégal l'appareil de production reste articulé autour des avantages comparatifs exploités pour l'approvisionnement de la sous-région ou pour l'exportation de produits d'origine primaire.

Les performances du secteur manufacturier sénégalais sont restées relativement faibles, face à la concurrence mondiale. Cette faiblesse est liée, en grande partie, à un investissement insuffisant dans les infrastructures et dans les nouvelles installations et équipements, dans le développement de la technologie et des techniques. Le secteur des services, notamment les télécommunications, qui a connu la croissance la plus rapide, a eu un effet multiplicateur limité, les activités de ce secteur étant concentrées dans les zones urbaines.

L'économie sénégalaise est toujours caractérisée par une faible diversification et des systèmes de production rigides. Les années de réforme n'ont pas comblé les lacunes des structures de production et les économies restent encore très vulnérables aux chocs extérieurs.

En 2002 il a été mis en place l'Agence Nationale chargée de l'Investissement et des Grands travaux (APIX) avec notamment pour mission de créer des conditions de capter des capitaux privés et nationaux et internationaux.

Un des services clés de cette agence, le Guichet Unique a agréé pendant les trois dernières années plusieurs centaines de projets industriels. Les intentions d'investissement ainsi que les emplois prévus sont considérables. Toutefois il faut noter qu'il ne s'agit que de projets et d'intentions d'investissement quoiqu'on assiste à la concrétisation de certains d'entre eux.

Les principaux sous-secteurs les plus dynamiques de l'industrie sénégalaise sont représentés par les :

- industries extractives ;
- industries alimentaires ;

- industries chimiques ;
- matériaux de construction.

Le tableau 4.2 fait une synthèse sur les industries référencées et donne une idée sur les performances des firmes. Ces données datent de 2003 et représentent la situation de 2000.

Tableau 17 : Répartition Sectorielle des industries pour l'année 2000

Secteur	Nombre	Effectif	Chiffre d'Affaire*	Valeur Ajoutée*	Actif Brut Immobilisé*
Agri.Elev.Pêc	60	3 121	53.791	13.873	191.252
Extrative	17	651	11.436	4.072	111.135
Aliment&Tabac	127	16.287	454.707	65.167	381.911
Textile,Habill,Cuir	30	2.934	31.149	9.114	63.150
Bois,Papier,Imprimerie	61	1.765	57.351	12.390	34.889
Chimie,Plastique	74	6.156	499.366	74.423	460.258
Mx de Construction	9	902	66.469	21.472	95.136
Métal&Mécanique	53	3.121	63.462	14.027	61.957
Electricité&Eau	4	4.063	135.118	16.698	339.692
Total	435	39.000	1.372.849	231.236	1.739.380

Source : direction de la planification, rapport annuel 2003

* Chiffres en millions de FCFA

Les produits exportés sont les dérivés de l'arachide, les produits de la pêche, les phosphates, les engrais, le coton de masse, l'acide phosphorique, le sel et le ciment etc.

On évalue, en ce qui concerne l'industrie, la perte engendrée par l'interruption de la circulation lorsqu'il est question de transport de produits industriels.

Faute de disposer de données relatives aux prix à la production de tous les produits industriels acheminés sur l'ensemble du réseau routier, il y a lieu, à cet égard, de se référer principalement à la valeur du cumul des chiffres d'affaire des entreprises situées dans le département en question.

Le coût « non agricole » d'interruption de la circulation, qui est fonction du nombre de jours d'interruption de la circulation et du niveau de service de la route, sera alors donné par la formule suivante :

$$CI(\text{non-agricole})_j = \frac{(NJI_j)_{N0,N1} * CA_j}{365} \quad (8)$$

où :

- j : département,
- $CI(\text{non agricole})_j$: coût « non agricole » d'interruption de la circulation dans le département j,
- NJI_j : nombre de jours d'interruption de la circulation dans le département j pour les niveaux de service N0 ou N1,
- CA_j : cumul des chiffres d'affaires des entreprises industrielles dans le département j,

Le coût total d'interruption de la circulation nécessaire pour l'évaluation économique est ainsi obtenu par sommation du coût « agricole » et « non agricole ».

De plus, la typologie des fichiers HDM requiert la détermination de ce coût d'interruption de la circulation pour chaque tronçon de route. Ainsi, pour un tronçon de route reliant un département donné aux autres départements, le coût d'interruption de la circulation sera calculé au prorata du pouvoir d'émission du département d'origine vers le département de destination. Les facteurs d'émission ont été, par ailleurs, déterminés à partir de la matrice Origine/Destination élaborée en 1996.

Ainsi, pour un tronçon $(tr_k)_{ij}$ reliant deux départements i et j, le coût total d'interruption de la circulation est donnée par la formule suivante :

$$CI(tr_k)_{i,j} = [CI(\text{agricole})_i + CI(\text{non-agricole})_i] * e_{ij} \quad (9)$$

Où :

- i : département d'origine,
- j : département destination,

- $(tr_k)_{ij}$: tronçon de route reliant les départements i et j,
- $CI (agricole)_i$: coût « agricole » d'interruption de la circulation dans le département i,
- $CI (non agricole)_i$: coût « non agricole » d'interruption de la circulation dans le département i,
- $CI(tr_k)_{ij}$: coût total d'interruption de la circulation sur le tronçon $(tr_k)_{ij}$,
- e_{ij} : facteur d'émission du département d'origine i vers le département destination j.

L'évaluation du paramètre "coûts d'interruption de la circulation" a été effectuée à l'échelle du Département. L'unité « Département » est choisie avec pour finalité l'aboutissement à des politiques ciblées en matière de réhabilitation et d'entretien des axes routiers qui épousent les contours des systèmes productifs régionaux et les limites administratives.

4.3 Paramètres de circulation des véhicules

Outre l'état de la chaussée (estimée par la valeur de l'IRI) et le trafic, les paramètres de circulation des véhicules comprennent aussi la vitesse limite et les caractéristiques techniques des véhicules.

La *vitesse limite*, exprimée en Km/heure, indique la vitesse maximale de circulation des véhicules sur un tronçon routier. Les valeurs du Plan National de Transport ont été adoptées. Ces valeurs de vitesse moyenne à faible trafic (absence de saturation) sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 18: Vitesse moyenne des véhicules sous trafic

Véhicules	Surface	Route à 4 voies (14 m)	Route à 3 voies étroites (9 m)	Route à 2 voies larges (7 m)	Route à 2 voies étroites (5,5 à 6 m)	Route à 1 voie (3,5 m)
Véhicules légers	Revêtue	100 km/h	86 km/h	82 km/h	78 km/h	66 km/h
	Non revêtue			64 km/h	56 km/h	

Véhicules lourds	Revêtue	75 km/h	66 km/h	62 km/h	58 km/h	52 km/h
	Non revêtue			52 km/h	48 h/h	

Source : BETEG, Etude économique des routes Ziguinchor Mpack et Ziguinchor Cap Skirring, 2004

En zone urbaine, il est considéré des vitesses maximales de 50 Km/heure.

Pour ce qui est de la *composition du trafic*, les huit (8) types de véhicules retenus pour l'évaluation économique et représentatifs du parc véhicule sont ceux retenus dans le PTG 2003 – 2005. Ces différents types de véhicules et leurs principales caractéristiques techniques sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 19 : Types de Véhicules

Types de véhicules	Véhicules représentatifs
Véhicule particulier	Peugeot 405, Renault R21 Nevada
Taxi inter-urbain	Peugeot 504 Pick-up, fourgonnette Citroen C15
Camionnette passagers et minibus	Mitsubishi Pajero 4 x 4, Toyota Hilux 4 x 2
Autocar	Mercedes Benz 815 et Renault B110
Camionnette marchandises	Toyota
Camion 2 essieux	Renault ME-160-13
Camion 3 essieux	Renault GLR 320
Ensemble articulé	Mercedes 1924 LS

Source : BETEG, Etude économique des routes Ziguinchor Mpack et Ziguinchor Cap Skirring, 2004

Le processus suivi par le sous-modèle des coûts d'exploitation des véhicules pour l'estimation des vitesses, des besoins en ressources et des coûts annuels en fonction du trafic (fourni par la série E du modèle HDM), pour un type de routes donné, est le suivant :

- calcul de la vitesse moyenne de fonctionnement pour chaque groupe de véhicule,
- calcul des quantités de ressources utilisées par véhicule.km pour chaque groupe de véhicules, pour les différentes composantes (carburant, usure des pneumatiques, pièces détachées, main d'œuvre, lubrifiant, personnel de conduite, amortissement, intérêts, frais généraux, temps des passagers, coûts divers) ;
- multiplication des coûts unitaires par les quantités des ressources pour obtenir les coûts par véhicule.km pour chaque groupe de véhicules,
- multiplication des coûts par véhicule.km par la longueur du type de route simulé et par le volume annuel du trafic pour chaque groupe de véhicules,
- sommation des coûts totaux, ce qui fournit les coûts globaux annuels des usagers de la route.

Le tableau suivant indique les unités de mesure de chacun des éléments de consommation de ressources et les dimensions des prix unitaires, de coûts unitaires ou autres. Ces éléments sont utilisés par le noyau de calcul du logiciel pour obtenir la valeur de la ressource

Tableau 20 : Unités de mesure des éléments de consommation de ressources et dimension des prix

Élément de consommation	de	Unité de mesure	Coût unitaire
Consommation carburant	de	litres/1000 v.km	Coût par litre
Usure des pneumatiques		Nombre de pneus neufs équivalent par 1000 v.km	Coût par pneu
Pièces détachées		Proportion du coût d'un véhicule neuf par 100 v.km	Coût d'un véhicule neuf
Main d'œuvre d'entretien		Heures de M.O/1000 v.km	Coût du salaire moyen
Utilisation de lubrifiants		Litres par 1000 v.km	Coût par litre

Temps du personnel de conduite	Personnes-heures/100 v.km	Coût horaire du personnel de conduite
Amortissement	Fraction du coût d'un véhicule neuf par 1000.km	Coût d'un véhicule neuf
Intérêts	Fraction du coût d'un véhicule neuf par 1000.km	Coût d'un véhicule neuf
Frais généraux	% des coûts d'exploitation heures-passagers/1000 v.km	
Temps des passagers	Heures.passagers/1000 v.km	Valeur horaire du temps des passagers
Coûts divers	Fraction des coûts précédents	Somme des coûts précédents

Les *caractéristiques techniques* de ces véhicules, sont résumées dans le tableau ci-dessous. Elles découlent des considérations du Plan National de Transport et des études récentes comme celles réalisées en 2003 pour les besoins des routes Ziguinchor – Cap Skirring et de l'Autoroute Dakar – Thiès.

Tableau 21 : Caractéristiques Techniques des Véhicules

Catégorie de véhicule	Durée Moyenne de Vie (ans)	Type de Carburant	Nombre de places ou charge utile	Nombre Essieux	Valeur Essieu Equivalent	Nombre de Pneus
Voiture particulière	12	Essence	5 places	2	0,01	4
Taxi interurbain	12	Diesel	6 places	2	0,01	4
Minibus (- 18)	12	Diesel	9 places	2	0,01	4
Car et Autocar	12	Diesel	32 places	2	0,01	4
Camionnette	15	Diesel	1,5 tonnes	2	0,01	4

Camion à 2 essieux	15	Diesel	10 tonnes	2	2,78	6
Camion de + 2	15	Diesel	15 tonnes	3	4,66	10
Ensemble articulé	15	Diesel	25 tonnes	5	9,47	18

Les autres caractéristiques étant présentées dans le tableau ci-après :

Type de véhicule	Kilométrage annuel	Age moyen (ans)	Capacité ou charge utile	Utilisation Privée	Heures de roulage / an
Voiture particulière	25 000	7	4/5 passagers	100%	500
Taxi interurbain	70 000	8	7/8 passagers	0%	1 400
Camionnette/ Minibus	40 000	6	14/29 passagers	0%	1 000
Autocar	65 000	8	30/35 passagers	0%	1 300
Camionnette marchandise	65 000	6	1 tonnes	0%	1 300
Camion 2 essieux	75 000	10	10 tonnes	0%	1 500
Camion > 2 essieux	75 000	10	20 tonnes	0%	1 500
Ensemble articulé	65 000	10	25 tonnes	0%	1 300

Source : BETEG, Etude économique des routes Ziguinchor Mpack et Ziguinchor Cap Skirring, 2004

Tableau 22: Estimation des coûts du temps d'après les valeurs du Berjou

Véhicule	COUT DU TEMPS		
	Passager travail	Passager loisir	Marchandises
Camion + 2essieux	0	0	3325,639344
Camion 2 essieux	0	0	0
Camionnette	0	0	295,0163934
Camionnette mrc	0	0	0
Car-bus	697,3114754	590,0327869	0
Ensemble articulé	0	0	0
Taxi collectif	697,3114754	590,0327869	0
Véhicule particulier	2869,704918	590,0327869	0

Source : Berjou

Les composantes de coûts hors taxes sur les véhicules sont estimées dans le tableau ci-dessous. Le carburant est égal 813 francs CFA pour le diesel et 823 francs CFA pour l'essence super. Le prix hors taxe des lubrifiants et graisses est estimé à 1245 francs CFA

Tableau 23: Composantes des Coûts HTT sur les Véhicules (en F.CFA)

Catégorie de véhicule	Prix d'Achat	Taux d'intérêt (%)	Prix Pneu + chambre	Coût Heure Entretien	Coût Heure Equipage	Frais Généraux
Voiture particulière	9 100 000	15	39 360	437	0	0
Taxi interurbain	9 100 000	15	42 200	437	260	106 120
Minibus (18 places)	14 000 000	15	57 400	437	260	67 120
Car et Autocar	16 000 000	15	106 600	437	200	140 000
Camionnette	12 800 000	15	87 730	437	200	85 500
Camion à 2 essieux	50 000 000	15	324 883	437	540	231 500
Camion de + 2	70 000 000	15	324 883	437	540	240 950

Ensemble articulé	90 000 000	15	324 883	437	540	250 500
-------------------	------------	----	---------	-----	-----	---------

Source : BETEG, Etude économique des routes Ziguinchor Mpack et Ziguinchor Cap Skirring, 2004

4.4 – Estimation du trafic, du nombre structurel, de l'uni et de l'âge des chaussées

Les informations importantes ci-dessous ne figurent pas dans les termes de références des bureaux d'études qui ont effectué les inspections visuelles :

- le trafic (volume, composition, évolution) ;
- le nombre structurel qui quantifie les résistances relatives des différents matériaux des différentes couches d'un tronçon routier revêtu ;
- le niveau de rugosité (ou l'uni) des chaussées revêtues et non revêtue exprimée en IRI (International Roughness Index) dans HDM ;
- l'historique ou le nombre d'années écoulé depuis le dernier resurfaçage, le dernier enrobé bitumineux, la dernière reconstruction du revêtement, la construction ou le dernier rechargement pour les routes non revêtue.

Le nombre structurel a été estimé à partir de l'épaisseur des couches donnée par les sondages géotechniques en adoptant les valeurs-types suivantes (valeurs par défaut fournies par le modèle HDM) :

- 1,0 pour un revêtement bicouche ou monocouche de 12 mm ;
- 1,5 pour un revêtement bicouche ou monocouche de 25 mm ;
- 2,0 pour un revêtement en enrobé de 5 cm ;
- 3,0 pour un revêtement en enrobé de 8 cm.

L'*uni* a été estimé en adoptant les valeurs suivantes suggérées par HDM :

Tableau 24: Valeur de l'Uni (en IRI)

Qualité de la chaussée	Valeur de l'IRI pour route revêtue	Valeur de l'IRI pour route non revêtue
Surface lisse	2	4
Surface raisonnablement lisse	4	8
Surface moyennement lisse	6	12
Surface rugueuse	8	15
Surface très rugueuse	13	20

Source PTG 2007

Pour ce qui est de *l'âge des chaussées*, l'AATR dispose de quelques informations l'historique. Pour les routes dont l'historique n'est pas disponible, les estimations du PTG 2003 – 2005 ont été considérées. Ces données sont les suivantes :

- âge \leq 5 ans pour chaussée en bon état ;
- âge = 9 ans pour chaussée nécessitant un renouvellement de la couche de surface ;
- âge = 14 ans pour chaussée nécessitant un renforcement ;
- âge = 18 ans pour chaussée nécessitant une réhabilitation.

Pour ce qui est des *trafics*, c'est-à-dire des véhicules circulant sur le réseau routier, le dernier comptage exhaustif de trafics portant sur les réseaux revêtu et non revêtu datent de 2002. Il n'a donc pas été procédé, lors des inspections visuelles effectuées en 2005, de comptages de trafics. Les données de trafics ont été tirées soit :

- des comptages de 2002 qui ne couvrent qu'une partie du réseau classé (principalement pour les routes non revêtues) ;

- des comptages réalisés par GMAT en 2003 pour les besoins du Plan Directeur d'Urbanisme de Dakar principalement pour le réseau routier de la région de Dakar ;
- des trafics reconstitués par le bureau d'études STUDI lors de l'élaboration du PTG 2003-2005.

Le trafic total que supporte un axe routier, prévu être aménagé ou subir des actions d'entretien, est constitué des trois composantes suivantes :

- **trafic normal** : se définit comme celui qui se produit normalement sur l'axe en question du fait du développement économique général de sa zone d'influence ; les conditions de la circulation y restent les mêmes que dans la situation de référence ou sans projet,
- **trafic induit** : qui traduit l'influence de l'aménagement prévu par le projet, résultant d'une augmentation des productions ou des ventes suite à l'abaissement des coûts de transport dû aux facilités offertes par l'aménagement routier et les déplacements de personnes s'effectuant maintenant et qui, en raison d'un état dégradé ou difficile du réseau routier, ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations,
- **trafic dévié** : traduit la part de trafic gagnée par l'aménagement au dépend des solutions de transport concurrentes. Le trafic dévié se caractérise par le fait qu'il existe indépendamment de l'aménagement envisagé. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre différents moyens pour atteindre la même destination.

Les diverses méthodes utilisables pour les projections du trafic normal peuvent être schématisées comme suit :

- pour les marchandises et les personnes :
 - extrapolation des flux constatés dans le passé,
 - corrélation entre le trafic et certains paramètres macro-économiques,
 - utilisation de modèles de génération de trafic,
- pour les déplacements de personnes uniquement :
 - étude de l'évolution du trafic en fonction de la population, des catégories de revenus, de l'évolution du parc, etc.

L'approche par extrapolation est une méthode qui a l'avantage d'être simple et intègre l'ensemble des variables du contexte économique de la zone d'influence.

Ces résultats sont en général bons à court terme, mais ne conviennent pas si des mutations économiques se produisent.

Par ailleurs, les prévisions à moyen et long terme risquent d'être faussées par des glissements ou des modifications. Enfin, il est nécessaire d'avoir une longue série de données statistiques relatives au trafic pour dégager des tendances structurelles.

L'approche par modèle de génération de trafic utilise principalement le modèle fondé sur les échanges de personnes et de marchandises en fonction des populations origine et destination et des valeurs d'usage. On constate dans un grand nombre de cas que l'on peut reconstituer le trafic existant à l'aide de formules du type [10] :

$$Tab = K * \frac{(Pa * Pb)^n}{C^m} \quad (1)$$

Formule dans laquelle :

Tab : trafic observé entre la zone a et la zone b,

Pa et Pb sont les populations respectives des zones a et b,

C est une valeur d'usage de l'itinéraire joignant les zones a et b,

K, m et n sont des coefficients que l'on détermine par ajustement statistique sur les trafics existants.

L'ajustement statistique se fait au moyen d'un calcul de régression multiple à partir des différents flux du trafic origine - destination observés grâce à une enquête O/D. Les populations Pa et Pb peuvent être remplacées par le parc automobile des zones a et b mais à condition d'avoir des données sur le parc automobile des deux zones.

L'approche par corrélation est une méthode qui consiste à rechercher une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains paramètres macro-économiques d'autre part. Les taux de croissance du trafic normal à attendre sont déduits à partir des taux de croissance des paramètres macro-économiques et des hypothèses formulées sur leur évolution. La méthode traite séparément les trafics de voyageurs (trafics de personnes) et ceux de marchandises.

Cette méthode est très bonne si elle tient compte du caractère régional du développement économique. Pour être complète, elle doit tenir compte d'une dérive continue dans le temps, particulièrement pour le transport-voyageurs.

Les techniques utilisées pour les prévisions des trafics induit et dévié seront abordées ultérieurement dans la partie qui traite de la méthodologie suivie pour la projection du trafic.

Pour les trafics non disponibles dans les campagnes de comptage 1996 et 2002, une réunion du Consultant avec les responsables de l'AATR qui connaissent très bien le terrain, a permis de donner de bonnes estimations de ce paramètre.

En outre le comptage provisoire 2002 nous donne les valeurs suivantes :

Tableau 25: TRAFIC DU JOUR MOYEN ANNUEL au POSTE 027

Tronçon KEUR MASSAR - SANGALKAM

Emplacement Entrée de NIAKOUL RAB

TYPE	DE	00-	03-	06-	09-	12-	15-	18-	21-	Journée	P%
VEHICULE		03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	24h		
Véhicule particulier	2	7	29	57	57	66	55	17	290	46,2	
Taxi interurbain				2	5	7	3	2		19	3,0
Camionnette et minibus			1	4	5	6	5	1		22	3,5
Car et autocar			7	25	29	25	26	37	10	159	25,3
Véhicule voyageurs		8	31	39	38	34	40	10	200	31,8	
Camionnette marchandises			1	5	13	14	21	14		68	10,8
Camion à 2 essieux				4	10	8	7	6	1	36	5,7
Camion plus de 2 essieux				3	3	3	2		1	12	1,9
Ensemble articulé			2	3	4	6	5	2		22	3,5
Véhicule marchandises		3	15	30	31	35	22	2	138	22,0	
TOTAL DU JMA	2	18	75	126	126	135	117	29	628	100,0	
POURCENTS	0,3	2,9	11,9	20,1	20,1	21,5	18,6	4,6	100,0		
Voiture hippomobile				4	6	6	4	5	1	26	
Cycle et motocycle				7	11	8	8	11		45	
Autres véhicules											

Il est à noter que vu le pourcentage important de véhicule (supérieure à 50 %) transitant sur Dakar le trafic de Dakar sera utilisé comme trafic de base.

Le trafic induit lié à la réhabilitation et l'entretien d'un axe routier est principalement lié à la diminution des coûts d'exploitation des véhicules. La mesure de son volume est fonction de l'élasticité de la demande du transport par rapport au coût de transport. L'élasticité "e" est donnée par l'expression suivante :

$$e = \left| \frac{\frac{dD}{D}}{\frac{dC}{C}} \right| \quad (6)$$

où :

D : demande de transport

C : coût de transport

Diverses études ont examiné les niveaux d'élasticité de la demande de transport par rapport aux coûts de transport dans plusieurs pays africains francophones. Elles concluent qu'il est généralement admis que les valeurs de cette élasticité varient dans la fourchette [0.6 - 2.0].

Au Sénégal, plusieurs études antérieures ont utilisé une élasticité de 1.6. Cette dernière valeur signifie qu'une réduction de moitié des coûts d'exploitation des véhicules se traduit par une augmentation de 80 % de la demande normale de trafic. Il est proposé d'utiliser cette valeur pour l'estimation du trafic induit.

Les résultats des différentes simulations menées par HDM pour déterminer la variation des coûts d'exploitation des véhicules en fonction de l'état des routes, ont permis de calculer les taux d'induction du trafic relatifs à un mauvais ou moyen état d'un axe routier et ce à partir de l'expression (6). Les résultats obtenus sont fournis par les deux tableaux suivants :

Tableau 26 : Taux d'induction du trafic pour un mauvais état de la route

	VV ¹	VM ²
Pourcentage réduction CEV ³	35 %	45 %

¹ VV = véhicules voyageurs

² VM = véhicules marchandises

³ évalué à partir des coûts d'exploitation des véhicules d'anciens projets au Sénégal

Elasticité demande/coût	1,6	1,6
Pourcentage (TI/TN) ⁴ arrondi	56 %	72 %

Tableau 27 : Taux d'induction du trafic pour un état moyen de la route

	VV	VM
Pourcentage réduction CEV	20 %	30 %
Elasticité demande/coût	1,6	1,6
Pourcentage TI/TN arrondi	32 %	48 %

Il convient de majorer les taux de croissance du trafic induit de 30 % durant les deux premières années de mise en service de la route, en vue de prendre en compte l'effet positif immédiat de l'aménagement sur les déplacements des usagers.

4.5 Inspection visuelle et estimation du niveau de dégradation des chaussées

Pour le PTG 2007-2009, l'état de chaussée des tronçons homogènes des routes revêtues et non revêtues a été estimé à partir des inspections sommaires sur la base des indices VIZIR (pour routes revêtues) et VIZIRET (pour routes non revêtues). VIZIR et VIZIRET sont des méthodes qui permettent de classer et de quantifier les dégradations des chaussées au cours d'une inspection visuelle.

Dans la méthode VIZIR, utilisée que pour les chaussées à revêtement bitumineux, les dégradations sont classées en deux catégories :

- les dégradations de type A liées à une insuffisance de la capacité structurelle de la chaussée (déformation, orniérage, fissuration de fatigue, faïençage) ;

⁴ TI = trafic induit, TN = trafic normal

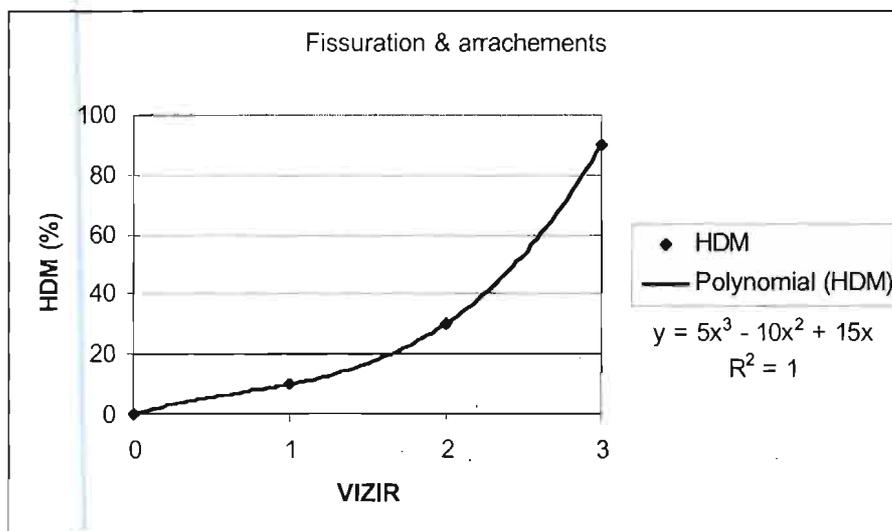
- les dégradations de type B non liées la capacité structurelle de la chaussée (fissuration hors fatigue, nids de poules, arrachements, plumage, ressuage, etc.) et qui sont dues soit à un défaut de mise en œuvre soit à des conditions locales (climat, modes de chargement des véhicules, etc.)

Dans la méthode VIZIRET, utilisée pour qualifier et quantifier les dégradations des routes non revêtues, il est retenu quatre (4) dégradations structurelles :

- les déformations découlant des arrachements de matériaux sous le trafic (corrigés par des opérations de reprofilage et de rechargement), de l'orniérage et des affaissements (corrigés par des travaux de réhabilitation) ;
- les nids de poule (cavité de profondeur variable selon leur gravité) ;
- la tôle ondulée ;
- les ravines, désordre structurel entraîné par l'écoulement de l'eau sur la chaussée (corrigées par des reprofilages légers ou lourds selon leurs gravités).

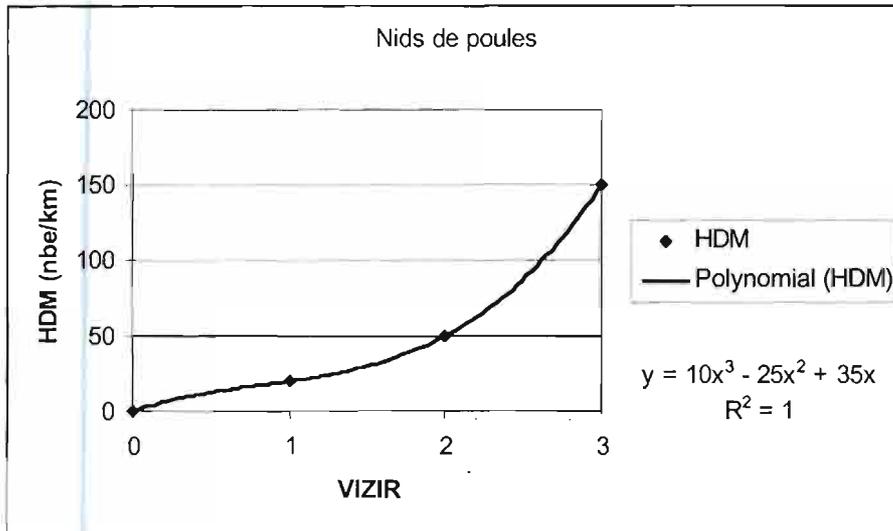
Les tables ci-dessous permettent de passer des indices VIZIR aux indices HDM, établies par l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées de Paris :

Fissuration & arrachements	
Vizir	HDM (en %)
0	0
1	10
2	30
3	90

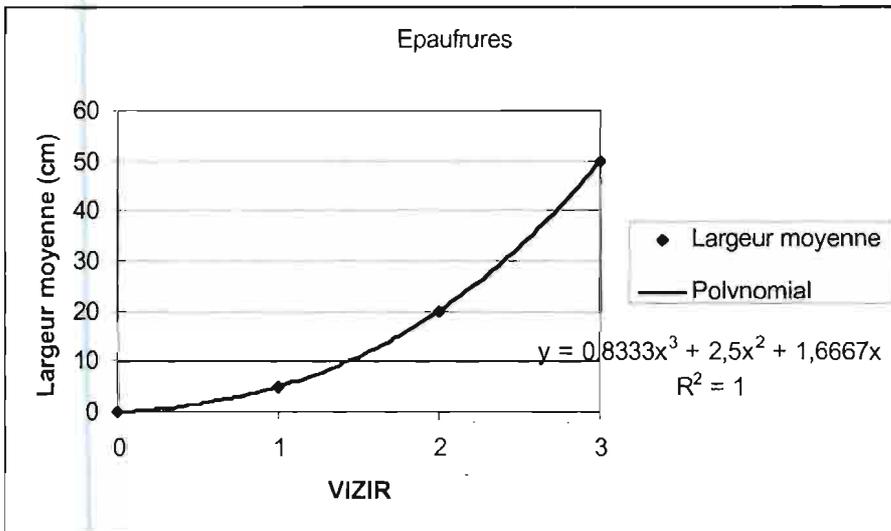


Nids de poules

Vizir	HDM (en nombre par Km)
0	0
1	20
2	50
3	150

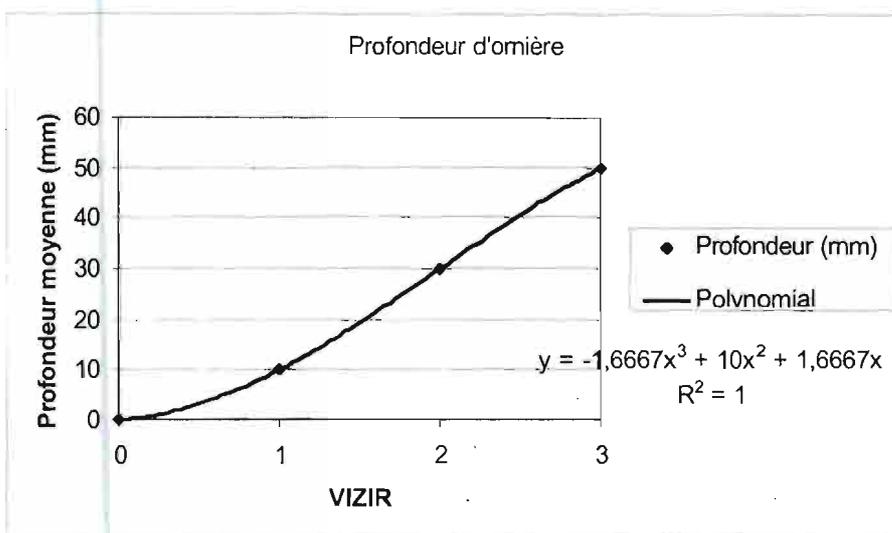


Epaufures	
Vizir	Largeur moyenne
0	0
1	5
2	20
3	50



Profondeur d'ornière

Vizir	Profondeur (mm)
0	0
1	10
2	30
3	50



4.6 Coûts influençant les CEV

On entend par CEV les coûts d'exploitation des véhicules. Ils sont tirés du RED qui est un logiciel de macro excel développée par la banque mondiale nous permettant d'avoir les différentes valeurs des CEV qui ne sont pas exposés ici car n'ayant pas évolué.

Il est à noter que par manque de données la banque mondiale n'a pas mis à jours ces différents paramètres que nous considérons par défaut.

Chapitre 5 : Simulation et analyse de politiques et stratégies d'entretien avec le modèle HDM-4

5.1 Présentation de l'analyse de stratégies

La planification stratégique à moyen ou long terme des dépenses passe par une évaluation des besoins d'un réseau dans sa globalité, qui peut éventuellement être un sous-réseau fonctionnel géré par une organisation ou situé dans une région particulière, comme par exemple les autoroutes, des routes principales, les routes revêtues, etc.

L'analyse de stratégies est un outil principalement destiné à assister les décideurs d'une organisation routière dans leurs tâches d'allocation des ressources. Des applications types d'analyse de stratégies portent par exemple sur :

- la prévision des besoins budgétaires à moyen et long terme sous un niveau de service visé ;
- la prévision de l'état à long terme du réseau sous différentes hypothèses de niveaux de financement ;
- la répartition optimale des fonds suivant les différentes formes budgétaires, par exemple en entretien courant, entretien périodique et investissement ;
- la répartition optimale des fonds suivant les différents sous réseaux, par exemple par classe fonctionnelle (réseau principal, voies urbaines) ou par région administrative ;
- des études de politique routière, comme l'impact d'une modification de la charge légale à l'essieu, le choix de normes d'entretien, l'analyse du bilan énergétique, de développement d'infrastructures dédiées au TNM, la détermination de la longueur du réseau qu'il est possible de gérer, d'évaluation des normes de conception des chaussées, etc.

Pour prédire les besoins à moyen et long terme d'un réseau ou d'un sous réseau, l'analyse de stratégies s'appuie habituellement sur le concept de la « matrice de réseau », qui est constituée de sections de routes représentatives chacune d'une catégorie du réseau routier, définies à partir des paramètres qui ont un impact significatif sur les coûts supportés par l'administration et les usagers. Bien qu'il soit possible de modéliser des sections individuelles dans une analyse de stratégies, les administrations ont souvent en charge plusieurs milliers de

kilomètres de routes, et cela rend très difficile la réalisation d'une analyse en individualisant chaque segment.

La matrice de réseau est définie par les facteurs qui affectent le plus sur les coûts de transport sur le réseau. A titre d'exemple, on peut définir trois catégories de trafic (fort, moyen, faible), et trois classes d'adéquation structurelle (bonne, moyenne, mauvaise). La matrice résultante.

5.1.1 Méthodes d'analyse

Le but principal d'une analyse de stratégies est de déterminer les besoins et ressources au niveau du réseau, et d'évaluer l'impact des différentes options de développement et de préservation sur la performance du réseau routier. L'objectif de l'analyse peut être défini de manière symétrique comme étant :

1. La détermination des niveaux de financement nécessaires pour atteindre un ensemble donné de niveaux de service.
2. la détermination du niveau de service à terme qui résulte d'un niveau de financement donné.

Dans une analyse de stratégies, trois méthodes d'optimisation sont possibles, chacune étant caractérisée par la fonction d'objectif et la contrainte qu'elle utilise :

- Fonction d'objectif
- Maximiser les avantages (BA)
- Maximiser l'amélioration de l'état du réseau (uni)
- Minimiser les coûts pour l'administration

Il faut remarquer que les normes d'entretien et/ou d'aménagement utilisées sont spécifiées par l'utilisateur, et ne représentent donc pas l'ensemble de toutes les normes possibles sur le réseau analyse.

5.1.2 Procédure à suivre pour une analyse de stratégies

La procédure à suivre pour une analyse de stratégies est résumée ci-après, et décrite dans les sections suivantes :

- 1- Citer l'analyse de stratégies en lui donnant un nom et en spécifiant sur quel réseau routier l'analyse va porter.

- 2- Définir l'analyse de stratégies en spécifiant :
 - a) une description générale de l'analyse de stratégies,
 - b) les sections de routes à analyser.
- 3- Spécifier les normes d'entretien et d'aménagement à affecter sur chaque section.
- 4- Générer un programme de travaux sans contrainte.
- 5- Définir les contraintes budgétaires.
- 6- Générer un programme de travaux optimisé sous la contrainte budgétaire.
- 7- Générer les sorties nécessaires.

5.1.2.1 Créer une analyse de stratégies

Pour créer une analyse de stratégies, il faut lui donner d'abord un nom. L'utilisateur a le choix entre créer une matrice du réseau ou utiliser un réseau existant, comme indiqué sur le schéma d'écran ci-après.

5.1.2.1 Définir l'analyse de stratégies en détail

Il s'agit des étapes suivantes :

- Description

C'est une description de la consistance de l'étude entreprise, c'est un texte libre.

- Méthode d'optimisation

Sélectionner la méthode d'optimisation, soit :

Maximiser le B.A. (Bénéfice Actualisé),

Maximiser l'IRI,

Minimiser le coût pour un but visé.

- Année début de la période d'analyse.
- Durée de la période d'analyse.
- Unité monétaire pour les résultats

C'est l'unité monétaire dans laquelle les résultats seront présentés.

- Taux de conversion

On indique dans les cases respectives les valeurs multiplicatifs qui permettent de convertir en unités monétaires pour les résultats les coûts relatifs aux usagers, aux travaux et à l'évaluation du patrimoine.

Section avec données agrégées Nouvelle Section

Données agrégées des sections | Trafic notarié | Trafic non notarié | Evaluation du patrimoine

Nom :	T1E1S1	Type de bit. vt :	DV7
ID :	T1E1S1	Débris classés :	Débris MP
Nom leçon :	Trouks	Classe d'accidents :	ACT
ID leçon :	TOUTES	Zone climatique :	Climat MP
Longueur :	1 km	Classe de route :	Secondaire
Larg. chaussée :	7 m	Traffic :	Fort
Larg. accot. :	1 m	Traçé :	Rectiligne et plat
Sens circul. :	Double sens		
Derniers travaux :	2004 années		
Classe surface :	Bitumineuse		
Jeu de calage :	0	Unicouche :	Non
Adéquation abut. :	Bonne	Etat visuel :	Neuf

- Taux d'actualisation.
- Coût des accidents

Si on souhaite analyser les accidents, il faut spécifier le coût unitaire les accidents, soit en détaillant par accident mortel, accident corporel, et accident matériel, soit le coût unitaire tous accidents confondus.

- Autre modèles

Les autres modèles qui peuvent être inclus sont le bilan énergétique, les émissions des véhicules, et les effets des accélérations.

- Évaluation du patrimoine

Cette fonction permet d'évaluer l'évolut

5.1.2.7 Générer les rapports

Les données d'entrée et les résultats de l'analyse sont présentés dans les rapports classés par dossiers.

5.2 Données de simulation

La simulation des diverses stratégies d'entretien dépend de plusieurs variables que nous fixons par rapport au contexte socio-économique mais aussi par rapport aux objectifs de la simulation. Aussi prenons nous les valeurs suivantes pour une optimisation de la validité des résultats.

5.2.1 Trafic et état de la chaussée

Etant donné le réseau sénégalais des chaussées revêtues et non revêtues, il serait utopique de vouloir déterminer les stratégies d'entretien de tous les tronçons. Mais il est possible de définir des groupes pour la simulation. Les différents groupes que nous avons définis sont les suivants :

- Trafic fort, état bon, revêtue
- Trafic fort, état moyen, revêtue
- Trafic fort, état dégradé, revêtue
- Trafic moyen, état bon, revêtue
- Trafic moyen, état moyen, revêtue
- Trafic moyen, état dégradé, revêtue
- Trafic faible, état bon, revêtue
- Trafic faible état moyen, revêtue
- Trafic faible, état dégradé, revêtue
- Trafic fort, état bon, non revêtue
- Trafic fort, état moyen, non revêtue
- Trafic fort, état dégradé, non revêtue
- Trafic moyen, état bon, non revêtue
- Trafic moyen, état moyen, non revêtue
- Trafic moyen, état dégradé, non revêtue
- Trafic faible, état bon, non revêtue

- Trafic faible état moyen, non revêtue
- Trafic faible, état dégradé, non revêtue

Ceci afin de nous permettre d'établir un canevas nous permettant de choisir les stratégies d'entretien et d'aménagement les mieux adaptés à un tronçon donné.

Le caractère revêtu au non de la chaussée joue surtout au niveau de la vitesse limite comme nous l'avons énoncé au tableau 4.3 donnant les différentes vitesses moyennes en fonction de la largeur de la chaussée et de son état de surface.

Les classes de trafic sur route bitumineuse sont établies comme suit :

- Fort : 7500 TMJA
- Moyen : 3000 TMJA
- Faible : 750 TMJA

Les valeurs de l'IRI des routes primaires bitumineuses pour les différents niveaux de dégradation pour les routes revêtues sont les suivantes:

- Bon : 2
- Moyen : 4
- Mauvais : entre 6 et 8

Les valeurs de l'IRI des routes primaires bitumineuses pour les différents niveaux de dégradation pour les routes non revêtues sont les suivantes:

- Bon : 4
- Moyen : 8
- Mauvais : entre 15 et 20

Le débit classé quant à lui est choisi de type transit interurbain et le type débit-vitesse de type 2 voies correspondant ainsi à un débit de saturation de 1400 PCSE/voie/h.

5.2.2 Le climat

Pour les études nous avons considéré l'option savane sur HDM qui correspond à une zone subtropicale humide de 100mm/an de pluie, d'indice d'humidité de 0, de température moyenne 22°C et d'écart moyen de température de 17°C. Le climat considéré correspond à une classe de température de zone subtropical-chaud.

Ce choix se justifie d'après la division climatique manifeste au niveau du Sénégal, ce choix représente en ce sens une moyenne assez représentative du climat général.

5.2.3 Véhicules

Les véhicules sélectionnés sont ceux du tableau 19.

5.2.4 Caractéristiques générales du tronçon

Les tronçons considérés sont de type rectiligne plat, de longueur moyenne de 1Km de largeur de chaussée 7m, de largeur d'accotement 1,5m et d'altitude moyenne 40m. Le nombre de voies est fixé à 2 comme la moyenne des routes sénégalaise. Le type de chaussée est l'enrobé sur base granulaire, le type de matériau étant le béton bitumineux. Nous n'avons pas estimé nécessaire de faire le distinguo ente les largeurs des chaussée car elles n'influence pas de manière significative les vitesses limites de circulation.

L'horizon de la simulation est fixé à 20 ans qui correspond à l'horizon moyen d'un projet de route.

5.2.5 Détails du trafic

Pour toute section il est à définir le pourcentage de chaque classe de véhicule ainsi que le taux de croissance à partir de l'année considéré, ici 2008.

N'étant pas en possession des données définitives de comptages de 2008 nous nous appuierons sur le comptage particulier du jeudi 24 Août 2006 pour estimer les différentes proportions des véhicules du parc automobile considéré :

	VP	Taxi urbain	Minibus	Bus	Camion marchandises
Nombre	459	34	38	42	16
%	74,0322581	5,48387097	6,12903226	6,77419355	2,580645161

	2 essieux	plus 2 essieux	ensemble articulé	Total
Nombre	6	2	23	620
%	0,96774194	0,322580645	3,709677419	100

5.3 Options de simulations

La simulation se fait avec divers scénarios pour avoir un maximum de combinaisons. Après combinaison nous obtenons un total de 53 stratégies d'entretiens dont 5 stratégies pour les chaussées non revêtues.

Pour des raisons de commodité les simulations se feront par groupe de 10 options (dans le cas des routes revêtues) pour une meilleure lisibilité des courbes et des résultats. Pour les routes non revêtues il n'y aura qu'une seule analyse de stratégie au vu de leur petit nombre.

Les différentes combinaisons sont présentées dans l'annexe B.

5.4 Résultats et interprétation de la simulation (courbes voir annexe A)

La méthodologie que nous adoptons vise à choisir parmi les stratégies données celles qui répondent à une bonne adéquation de la chaussée au trafic donné sans désagrément majeur. Une fois définies, les stratégies qui primeront seront sélectionnées parmi le premier tri et répondront essentiellement aux différents critères économiques afin d'aboutir pour chaque tronçon revêtu aux trois stratégies les mieux adaptés et pour les chaussées non revêtue à la stratégie optimale. Le choix de la stratégie la plus appropriée à chaque tronçon se fera essentiellement sur les courbes de l'évolution de l'IRI ainsi que sur le rapport bénéfice/investissement.

Nous considérerons dans un premier temps les tronçons dont la moyenne de l'uni ne dépasse pas 6IRI pour les routes revêtues et 12IRI pour les routes non revêtues. La liste des stratégies acceptables du point de vue de l'uni moyen au cours du temps est la suivante :

1^{ère} simulation

Stratégies simulés

- P2P3P4 : (option de base) Rout + rechargement 5cm
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROG1 : Réparation, enduit si dégradation supérieur à 30%, Rechargement et reconstruction
- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2

- PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)
- PROJ1 : Entretien courant revêtu (réparation et scellement)
- PROJ2 : Courant et Reconstruction (reconstruction, réparation, et scellement de fiss.)
- PROJ2 : Courant et fraisage partiel (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 100 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)

- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2

Faible-bon-revêtue :

- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2

- PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)
- PROJ1 : Entretien courant revêtu (réparation et scellement)
- PROJ2 : Courant et Reconstruction (reconstruction, réparation, et scellement de fiss.)
- PROJ2 : Courant et fraisage partiel (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 100 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)

Faible-dégradé-revêtue :

- PROG1 : Réparation, enduit si dégradation supérieur à 30%, Rechargement et reconstruction
- P2P3P4 : (option de base) Rout + rechargement 5cm
- PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)
- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 100 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)

Faible-moyen-revêtue :

- P2P3P4 : (option de base) Rout + rechargement 5cm
- PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROG1 : Réparation, enduit si dégradation supérieur à 30%, Rechargement et reconstruction
- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 100 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)

Fort-bon-revêtue :

- P2P3P4 : (option de base) Rout + rechargement 5cm
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROG1 : Réparation, enduit si dégradation supérieur à 30%, Rechargement et reconstruction
- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2
- PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)
- PROJ1 : Entretien courant revêtu (réparation et scellement)

- PROJ2 : Courant et Reconstruction (reconstruction, réparation, et scellement de fiss.)
- PROJ2 : Courant et fraisage partiel (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 100 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)

Fort-dégradé-revêtue :

- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 100 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- P2P3P4 : (option de base) Rout + rechargement 5cm
- PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROG1 : Réparation, enduit si dégradation supérieur à 30%, Rechargement et reconstruction
- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2
- PROJ2 : Courant et Reconstruction (reconstruction, réparation, et scellement de fiss.)

Fort-moyen-revêtue :

- P2P3P4 : (option de base) Rout + rechargement 5cm
- PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROG1 : Réparation, enduit si dégradation supérieur à 30%, Rechargement et reconstruction
- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2
- PROJ2 : Courant et Reconstruction (reconstruction, réparation, et scellement de fiss.)
- PROJ1 : Entretien courant revêtu (réparation et scellement)

Moyen-bon-revêtue :

- P2P3P4 : (option de base) Rout + rechargement 5cm
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROG1 : Réparation, enduit si dégradation supérieur à 30%, Rechargement et reconstruction
- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2
- PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)
- PROJ1 : Entretien courant revêtu (réparation et scellement)
- PROJ2 : Courant et Reconstruction (reconstruction, réparation, et scellement de fiss.)
- PROJ2 : Courant et fraisage partiel (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 100 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)

Moyen-dégradé-revêtue :

- P2P3P4 : (option de base) Rout + rechargement 5cm
- PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROG1 : Réparation, enduit si dégradation supérieur à 30%, Rechargement et reconstruction
- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 100 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant et Reconstruction (reconstruction, réparation, et scellement de fiss.)

Moyen-moyen-revêtue :

- P2P3P4 : (option de base) Rout + rechargement 5cm

- PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PROG1 : Réparation, enduit si dégradation supérieur à 30%, Rechargement et reconstruction
- PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 100 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)

2ème simulation

Stratégies simulées :

- Epauf 3 (réhabilitation)
- PAT + Bi (entretien périodique 3)
- PAT + EC1 (entretien courant)
- PAT + EC2 (entretien courant)
- PAT + EC3 (entretien courant)
- PAT + EC4 (entretien courant)
- PAT + mono (entretien périodique3)
- Réhab1 (réhabilitation)
- BB5 (entretien périodique 3)

Faible-bon-revêtue :

- Epauf3 (réhabilitation)
- PAT + Bi (entretien périodique 3)
- PAT + EC1 (entretien courant)
- PAT + EC2 (entretien courant)
- PAT + EC3 (entretien courant)
- PAT + EC4 (entretien courant)
- PAT + mono (entretien périodique3)

- Réhab1 (réhabilitation)
- BB5 (entretien périodique 3)

Faible-dégradé-revêtue :

- PAT + Bi (entretien périodique 3)
- PAT + EC1 (entretien courant)
- PAT + EC2 (entretien courant)
- PAT + EC3 (entretien courant)
- PAT + EC4 (entretien courant)
- PAT + mono (entretien périodique3)
- Réhab1 (réhabilitation)
- BB5 (entretien périodique 3)

Faible-moyen-revêtue :

- Epauf 3 (réhabilitation)
- PAT + Bi (entretien périodique 3)
- PAT + EC1 (entretien courant)
- PAT + EC2 (entretien courant)
- PAT + EC3 (entretien courant)
- PAT + EC4 (entretien courant)
- PAT + mono (entretien périodique3)
- Réhab1 (réhabilitation)
- BB5 (entretien périodique 3)

Fort-bon-revêtue :

- Epauf 3 (réhabilitation)
- PAT + Bi (entretien périodique 3)
- PAT + EC1 (entretien courant)
- PAT + EC2 (entretien courant)
- PAT + EC3 (entretien courant)
- PAT + EC4 (entretien courant)
- PAT + mono (entretien périodique3)

- Réhab1 (réhabilitation)
- BB5 (entretien périodique 3)

Fort-dégradé-revêtue :

- Epauf 3 (réhabilitation)
- PAT + Bi (entretien périodique 3)
- PAT + EC1 (entretien courant)
- PAT + EC2 (entretien courant)
- PAT + EC3 (entretien courant)
- PAT + EC4 (entretien courant)
- PAT + mono (entretien périodique3)
- Réhab1 (réhabilitation)
- BB5 (entretien périodique 3)

Fort-moyen-revêtue :

- Epauf 3 (réhabilitation)
- PAT + Bi (entretien périodique 3)
- PAT + EC1 (entretien courant)
- PAT + EC2 (entretien courant)
- PAT + EC3 (entretien courant)
- PAT + EC4 (entretien courant)
- PAT + mono (entretien périodique3)
- Réhab1 (réhabilitation)
- BB5 (entretien périodique 3)

Moyen-bon-revêtue :

- Epauf 3 (réhabilitation)
- PAT + Bi (entretien périodique 3)
- PAT + EC1 (entretien courant)
- PAT + EC2 (entretien courant)
- PAT + EC3 (entretien courant)
- PAT + EC4 (entretien courant)
- PAT + mono (entretien périodique3)

- Renfor3 (renforcement)
- Renfor4 (renforcement)
- RenforVU
- Reprof4 (réhabilitation 4)
- Reprof5 (renforcement)

Faible-dégradé-revêtue :

- Réhab2 (option de base, réhabilitation)
- Réhab3 (réhabilitation)
- Réhab4 (réhabilitation)
- Renfor1 (renforcement)
- Renfor2 (renforcement)
- Renfor3 (renforcement)
- Renfor4 (renforcement)
- RenforVU
- Reprof5 (renforcement)

Faible-moyen-revêtue :

- Réhab2 (option de base, réhabilitation)
- Réhab3 (réhabilitation)
- Réhab4 (réhabilitation)
- Renfor1 (renforcement)
- Renfor2 (renforcement)
- Renfor3 (renforcement)
- Renfor4 (renforcement)
- RenforVU
- Reprof4 (réhabilitation 4)
- Reprof5 (renforcement)

Fort-bon-revêtue :

- Réhab2 (option de base, réhabilitation)
- Réhab3 (réhabilitation)

- Réhab1 (réhabilitation)
- BB5 (entretien périodique 3)

Moyen-dégradé-revêtue :

- Epauf 3 (réhabilitation)
- PAT + Bi (entretien périodique 3)
- PAT + EC1 (entretien courant)
- PAT + EC2 (entretien courant)
- PAT + EC3 (entretien courant)
- PAT + EC4 (entretien courant)
- PAT + mono (entretien périodique3)
- Réhab1 (réhabilitation)
- BB5 (entretien périodique 3)

Moyen-moyen-revêtue :

- Epauf 3 (réhabilitation)
- PAT + Bi (entretien périodique 3)
- PAT + EC1 (entretien courant)
- PAT + EC2 (entretien courant)
- PAT + EC3 (entretien courant)
- PAT + EC4 (entretien courant)
- PAT + mono (entretien périodique3)
- Réhab1 (réhabilitation)
- BB5 (entretien périodique 3)

3ème simulation

Faible-bon-revêtue :

- Réhab2 (option de base, réhabilitation)
- Réhab3 (réhabilitation)
- Réhab4 (réhabilitation)
- Renfor1 (renforcement)
- Renfor2 (renforcement)

- Réhab4 (réhabilitation)
- Renfor1 (renforcement)
- Renfor2 (renforcement)
- Renfor3 (renforcement)
- Renfor4 (renforcement)
- RenforVU
- Reprof4 (réhabilitation 4)
- Reprof5 (renforcement)

Fort-dégradé-revêtue :

- Réhab2 (option de base, réhabilitation)
- Réhab3 (réhabilitation)
- Réhab4 (réhabilitation)
- Renfor1 (renforcement)
- Renfor2 (renforcement)
- Renfor3 (renforcement)
- Renfor4 (renforcement)
- RenforVU
- Reprof4 (réhabilitation 4)
- Reprof5 (renforcement)

Fort-moyen-revêtue :

- Réhab2 (option de base, réhabilitation)
- Réhab3 (réhabilitation)
- Réhab4 (réhabilitation)
- Renfor1 (renforcement)
- Renfor2 (renforcement)
- Renfor3 (renforcement)
- Renfor4 (renforcement)
- RenforVU
- Reprof4 (réhabilitation 4)
- Reprof5 (renforcement)

Moyen-bon-revêtue :

- Réhab2 (option de base, réhabilitation)
- Réhab3 (réhabilitation)
- Réhab4 (réhabilitation)
- Renfor1 (renforcement)
- Renfor2 (renforcement)
- Renfor3 (renforcement)
- Renfor4 (renforcement)
- RenforVU
- Reprof4 (réhabilitation 4)
- Reprof5 (renforcement)

Moyen-dégradé-revêtue :

- Réhab2 (option de base, réhabilitation)
- Réhab3 (réhabilitation)
- Réhab4 (réhabilitation)
- Renfor1 (renforcement)
- Renfor2 (renforcement)
- Renfor3 (renforcement)
- Renfor4 (renforcement)
- RenforVU
- Reprof4 (réhabilitation 4)
- Reprof5 (renforcement)

Moyen-moyen-revêtue :

- Réhab2 (option de base, réhabilitation)
- Réhab3 (réhabilitation)
- Réhab4 (réhabilitation)
- Renfor1 (renforcement)
- Renfor2 (renforcement)
- Renfor3 (renforcement)
- Renfor4 (renforcement)

- RenforVU
- Reprof4 (réhabilitation 4)
- Reprof5 (renforcement)

4ème simulation

Faible-bon-revêtue :

- RTE2 : Enduits si dégradations sup à 20%, reconstruction, nids de poule
- RTE3 : Rechargement, reconstruction, nids de poule
- RTE4 : Enduit si dégradations sup 20%, rechargement et reconstruction
- RTF1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 50% et scellement de fissures)
- RTF2 : Enduits si dégradations sup à 40%, reconstruction et nids de poule
- RTF3 : Rechargement, reconstruction et nids de poule
- RTF4 : Enduit si dégradations sup 40%, rechargement reconstruction et nids de poule
- RTM1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 25% et scellement de fissures)
- RTM2 : Enduits si dégradations sup à 30%, reconstruction, nids de poule
- RTM3 : Rechargement et reconstruction
- RTM4 : Enduit si dégradations sup 30%, rechargement et reconstruction

Faible-dégradé-revêtue :

- RTE3 : Rechargement, reconstruction, nids de poule
- RTE4 : Enduit si dégradations sup 20%, rechargement et reconstruction
- RTF3 : Rechargement, reconstruction et nids de poule
- RTF4 : Enduit si dégradations sup 40%, rechargement reconstruction et nids de poule
- RTM1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 25% et scellement de fissures)
- RTM2 : Enduits si dégradations sup à 30%, reconstruction, nids de poule
- RTM3 : Rechargement et reconstruction
- RTM4 : Enduit si dégradations sup 30%, rechargement et reconstruction

Faible-moyen-revêtue :

- RTE3 : Rechargement, reconstruction, nids de poule
- RTE4 : Enduit si dégradations sup 20%, rechargement et reconstruction
- RTF1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 50% et scellement de fissures)
- RTF3 : Rechargement, reconstruction et nids de poule
- RTF4 : Enduit si dégradations sup 40%, rechargement reconstruction et nids de poule
- RTM3 : Rechargement et reconstruction
- RTM4 : Enduit si dégradations sup 30%, rechargement et reconstruction

Fort-bon-revêtue :

- RTE2 : Enduits si dégradations sup à 20%, reconstruction, nids de poule
- RTE3 : Rechargement, reconstruction, nids de poule
- RTE4 : Enduit si dégradations sup 20%, rechargement et reconstruction
- RTF1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 50% et scellement de fissures)
- RTF2 : Enduits si dégradations sup à 40%, reconstruction et nids de poule
- RTF3 : Rechargement, reconstruction et nids de poule
- RTF4 : Enduit si dégradations sup 40%, rechargement reconstruction et nids de poule
- RTM2 : Enduits si dégradations sup à 30%, reconstruction, nids de poule
- RTM3 : Rechargement et reconstruction
- RTM4 : Enduit si dégradations sup 30%, rechargement et reconstruction

Fort-dégradé-revêtue :

- RTE3 : Rechargement, reconstruction, nids de poule
- RTE4 : Enduit si dégradations sup 20%, rechargement et reconstruction
- RTF1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 50% et scellement de fissures)
- RTF3 : Rechargement, reconstruction et nids de poule

- RTF4 : Enduit si dégradations sup 40%, rechargement reconstruction et nids de poule
- RTM3 : Rechargement et reconstruction
- RTM4 : Enduit si dégradations sup 30%, rechargement et reconstruction

Fort-moyen-revêtue :

- RTE3 : Rechargement, reconstruction, nids de poule
- RTE4 : Enduit si dégradations sup 20%, rechargement et reconstruction
- RTF1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 50% et scellement de fissures)
- RTF3 : Rechargement, reconstruction et nids de poule
- RTF4 : Enduit si dégradations sup 40%, rechargement reconstruction et nids de poule
- RTM2 : Enduits si dégradations sup à 30%, reconstruction, nids de poule
- RTM3 : Rechargement et reconstruction
- RTM4 : Enduit si dégradations sup 30%, rechargement et reconstruction

Moyen-bon-revêtue :

- RTE2 : Enduits si dégradations sup à 20%, reconstruction, nids de poule
- RTE3 : Rechargement, reconstruction, nids de poule
- RTE4 : Enduit si dégradations sup 20%, rechargement et reconstruction
- RTF1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 50% et scellement de fissures)
- RTF2 : Enduits si dégradations sup à 40%, reconstruction et nids de poule
- RTF3 : Rechargement, reconstruction et nids de poule
- RTF4 : Enduit si dégradations sup 40%, rechargement reconstruction et nids de poule
- RTM2 : Enduits si dégradations sup à 30%, reconstruction, nids de poule
- RTM3 : Rechargement et reconstruction
- RTM4 : Enduit si dégradations sup 30%, rechargement et reconstruction

Moyen-dégradé-revêtue :

- RTE3 : Rechargement, reconstruction, nids de poule
- RTE4 : Enduit si dégradations sup 20%, rechargement et reconstruction
- RTF1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 50% et scellement de fissures)
- RTF3 : Rechargement, reconstruction et nids de poule
- RTF4 : Enduit si dégradations sup 40%, rechargement reconstruction et nids de poule
- RTM3 : Rechargement et reconstruction
- RTM4 : Enduit si dégradations sup 30%, rechargement et reconstruction

Moyen-moyen-revêtue :

- RTE3 : Rechargement, reconstruction, nids de poule
- RTE4 : Enduit si dégradations sup 20%, rechargement et reconstruction
- RTF1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 50% et scellement de fissures)
- RTF3 : Rechargement, reconstruction et nids de poule
- RTF4 : Enduit si dégradations sup 40%, rechargement reconstruction et nids de poule
- RTM2 : Enduits si dégradations sup à 30%, reconstruction, nids de poule
- RTM3 : Rechargement et reconstruction
- RTM4 : Enduit si dégradations sup 30%, rechargement et reconstruction

5ème simulation (routes non revêtues)

Faible-bon-non revêtue :

- Rech gene (Rechargement général routes non revêtues)
- Rech partiel (rechargement partiel routes non revêtues)
- Repro comp (reprofilage compactage)
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Faible-dégradé-non revêtue :

- Rech gene (Rechargement général routes non revêtues)
- Repro comp (reprofilage compactage)
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Faible-moyen-non revêtue :

- Rech gene (Rechargement général routes non revêtues)
- Repro comp (reprofilage compactage)
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Fort-bon-non revêtue :

- Rech gene (Rechargement général routes non revêtues)
- Repro comp (reprofilage compactage)
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Fort-dégradé-non revêtue :

- Rech gene (Rechargement général routes non revêtues)
- Repro comp (reprofilage compactage)
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Fort-moyen-non revêtue :

- Rech gene (Rechargement général routes non revêtues)
- Repro comp (reprofilage compactage)
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Moyen-bon-non revêtue :

- Rech gene (Rechargement général routes non revêtues)
- Repro comp (reprofilage compactage)
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Moyen-dégradé-non revêtue :

- Rech gene (Rechargement général routes non revêtues)
- Repro comp (reprofilage compactage)

- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Moyen-moyen-non revêtue :

- Rech gene (Rechargement général routes non revêtues)
- Repro comp (reprofilage compactage)
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

5.5 Analyse économique des stratégies

5.5.1 Présentation de l'analyse économique

HDM-4 permet d'établir des estimations des besoins en financement à moyen et long terme relatifs à l'aménagement et à l'entretien des réseaux routiers. Il simule le comportement des chaussées et ses effets sur les coûts de transport, et calcule les avantages économiques. L'impact de différents scénarios budgétaires peut être estimé, tout comme la valeur patrimoniale du réseau. Nous avons choisi l'option Maximiser BA (VAN) avec un budget annuel de 20 milliards de francs CFA.

5.5.2 Résultat de l'analyse économique

L'analyse économique produit une liste de travaux routiers d'accessibilité de base classés selon leur rentabilité.

Elle constitue le deuxième critère dans le choix des stratégies optimales les plus adaptées au contexte UEMOA.

L'annexe C présente pour chaque groupe de tronçon les différentes valeurs des paramètres économiques (Investissement, Coût et Bénéfice Actualisé)

5.5.3 Interprétation

Pour le choix définitif des entretiens les plus optimales nous avons choisi de prendre comme critère économique le rapport bénéfice coût et la VAN. Ce qui en résulte pour chacune de toutes les catégories des tronçons prédéfinies au préalable les entretiens optimaux suivant :

- Pour le tronçon Faible-bon-revêtue nous avons les trois entretiens suivants :
 - PROJ1 : Entretien courant revêtu (Réparation et scellement de fissures)
 - PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
 - PTG RR : BB5 (entretien périodique 3)
- Pour le tronçon Faible-dégradé-revêtue nous avons l'entretien suivant :
 - PROJ1 : Entretien courant revêtu (Réparation et scellement de fissures)
- Pour le tronçon Faible-moyen-revêtue nous avons les entretiens suivants :
 - PROJ1 : Entretien courant revêtu (Réparation et scellement de fissures)
 - PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
 - PTG RR : BB5 (entretien périodique 3)
- Pour le tronçon Fort-bon-revêtue nous avons les trois entretiens suivants :
 - PROJ1 : Entretien courant revêtu (Réparation et scellement de fissures)
 - PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
 - PTG RR : BB5 (entretien périodique 3)
- Pour le tronçon Fort-dégradé-revêtue nous avons les trois entretiens suivants :
 - PROJ1 : Entretien courant revêtu (Réparation et scellement de fissures)
 - PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
 - PTG RR : BB5 (entretien périodique 3)
- Pour le tronçon Fort-moyen-revêtue nous avons l'entretien suivant :
 - PROJ1 : Entretien courant revêtu (Réparation et scellement de fissures)
- Pour le tronçon Moyen-bon-revêtue nous avons les trois entretiens suivants :

- PROJ1 : Entretien courant revêtu (Réparation et scellement de fissures)
- PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
- PTG RR : BB5 (entretien périodique 3)
- Pour le tronçon Moyen-dégradé-revêtu nous avons l'entretien suivant :
 - PROJ1 : Entretien courant revêtu (Réparation et scellement de fissures)
- Pour le tronçon Moyen-Moyen-revêtu nous avons les trois entretiens suivants :
 - PROJ1 : Entretien courant revêtu (Réparation et scellement de fissures)
 - PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 75 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)
 - PTG RR : BB5 (entretien périodique 3)

Pour le tronçon Faible-bon-non revêtu nous avons les entretiens suivants :

- Repro Comp (reprofilage compactage) RNR
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Pour le tronçon Faible-dégradé-non revêtu nous avons les deux entretiens suivants :

- Repro Comp (reprofilage compactage) RNR
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Pour le tronçon Faible-moyen-non revêtu nous avons les deux entretiens suivants :

- Repro Comp (reprofilage compactage) RNR
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Pour le tronçon Fort-bon-non revêtu nous avons les deux entretiens suivants :

- Repro Comp (reprofilage compactage) RNR
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Pour le tronçon Fort-dégradé-non revêtue nous avons les deux entretiens suivants:

- Repro Comp (reprofilage compactage) RNR
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Pour le tronçon Fort-moyen-non revêtue nous avons les deux entretiens suivants :

- Repro Comp (reprofilage compactage) RNR
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Pour le tronçon Moyen-bon-non revêtue nous avons les deux entretiens suivants :

- Repro Comp (reprofilage compactage) RNR
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Pour le tronçon Moyen-dégradé-non revêtue nous avons les deux entretiens suivants :

- Repro Comp (reprofilage compactage) RNR
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

Pour le tronçon Moyen-Moyen-non revêtue nous avons les deux entretiens suivants :

- Repro Comp (reprofilage compactage) RNR
- Repro partiel (reprofilage partiel routes non revêtues)

5.6 Conclusion

Il s'agissait dans ce chapitre d'effectuer les différentes analyses de stratégies avec les divers scénarios présentés en annexe B afin de déterminer les stratégies optimales pour les différentes variantes de réseau que l'on peut rencontrer.

La précision des résultats obtenus dépend néanmoins de la quantité de précision apporter à l'étude. En outre l'exploitation des résultats dépend en grande partie de l'orientation de la méthodologie employée et des priorités imposées pour l'analyse. Ainsi il est aisé avec la plage d'information que nous fourni le logiciel d'exploiter les données qui intéresse notre étude.

Conclusion et recommandations

Le présent projet de fin d'étude avait pour principal objectif l'établissement de stratégies adéquates au réseau sénégalais à l'aide du logiciel HDM-4.

Dans le cadre de cette étude il a été nécessaire de revenir à la genèse de la nécessité de l'entretien routier ainsi qu'à l'approche utilisée par différents pays de l'U.E.M.O.A.

L'étude du logiciel et des possibilités qu'il offre, à travers les exemples de simulation du Berjou, s'est avérée cruciale dans les différentes phases de l'analyse.

Un travail de recherche bibliographique basé principalement sur les documents de l'A.A.T.R. concernant les stratégies d'entretien appliquées dans la zone U.E.M.O.A. ainsi que les résultats tirés des divers plans triennaux ont permis une meilleure approche du sujet.

En effet les différentes stratégies antérieurement appliquées au Sénégal et dans la sous-région ont permis l'établissement de simulations avec divers scénarios. En outre les différents paramètres d'entrée du modèle HDM sont liés au contexte socio-économique du Sénégal d'où l'utilité de ces documents.

La simulation passe alors par la mise à jour des différentes données d'entrée ainsi qu'au choix des différentes valeurs applicables au niveau local.

Ainsi au sortir de nos investigations auprès de l'A.A.T.R., qui, à travers les différents plans triennaux, a notamment collecté des informations au niveau des différents services (direction de la statistique, météo, B.E.T.E.G., Polyconsult), nous avons été à même d'établir les différentes bases de notre analyse.

La synthèse des différentes stratégies nous a permis d'établir les différents scénarios d'entretien. Aussi, pour ce cas, avons-nous considérés les données de l'A.A.T.R. et les données HDM par défaut. Ce qui a généré quelques incohérences au niveau de l'étude économique où il a fallu, outre les résultats de HDM, se baser sur les coûts des différents travaux actualisés 2007.

Il serait alors intéressant de procéder au recalibrage du volet économique et de faire une analyse de stratégie sur l'ensemble du réseau sénégalais afin de valider les résultats fournis dans cette étude.

Pour se faire il faudra au cours d'investigations futures compléter la base de données du réseau sénégalais au mieux. Aussi il faudra définir les paramètres de niveaux deux et trois à l'aide d'expérimentations sur le réseau pendant une durée de 5ans.

En outre l'établissement de fonds pour ces études permettrait de mettre en œuvre les moyens humains et matériels nécessaire à cette étude. Il va sans dire que l'implication de l'ensemble des pays de l'U.E.M.O.A. réduirait les coûts au niveau de chaque état et serait un pas considérable vers des normes d'entretien uniformisées dans cette zone.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Henry G. R. KERALI. Manuel HDM4, *volume un : vue d'ensemble de HDM-4*, France, AIPCR, 2000, 53 p.
- [2] Henry G. R. KERALI; Derek Mc Mullen J. B. ODOKI. Manuel HDM-4, *volume deux : Applications guide*, France, AIPCR, 2000
- [3] David C. WIGHTMAN; Eric E. STANNARD; Jo M DAKIN. Manuel HDM-4, *volume trois : Guide de l'utilisateur*, France, AIPCR, 2000, 152 p.
- [4] Henry G. R. KERALI, J. B. ODOKI. Manuel HDM-4, *volume quatre : Analytical framework and Model descriptions*, France, AIPCR, 2000
- [5] Christopher R. BENNETT. Manuel HDM-4, *volume cinq : A guide to calibration and adaptation*, France, AIPCR, 2000
- [6] A.A.T.R./STUDI international, *Etude du plan triennal de transport du Sénégal pour la période 2003-2005*, février 2003
- [7] A.A.T.R./APAVE, *Etude du plan triennal de transport du 2007-2009*, août 2003
- [8] A.A.T.R./APIAXXI S.A, *Assistance technique à l'A.A.T.R. pour l'organisation de l'unité en charge de l'actualisation et de l'exploitation de la banque de données routières, rapport initial*, août 2004
- [9] LCPC, *Formation à l'utilisation du modèle HDM-4*
- [10] Pojet de fin d'étude, Paramétrage du logiciel HDM-4, Bamba DIOME

WEBOGRAPHIE

- [1] AATR (Agence Autonome des Travaux Routier) : www.aatr.org
- [2] Banque Mondiale : www.worldbank.org
- [3] AIPCR (Association Mondiale de la Route) : www.aipc.org

ANNEXES A : Résultats des simulations (courbes de l'uni pour chaque section)

HDM - 4

DEVELOPPEMENT & GESTION DES ROUTES

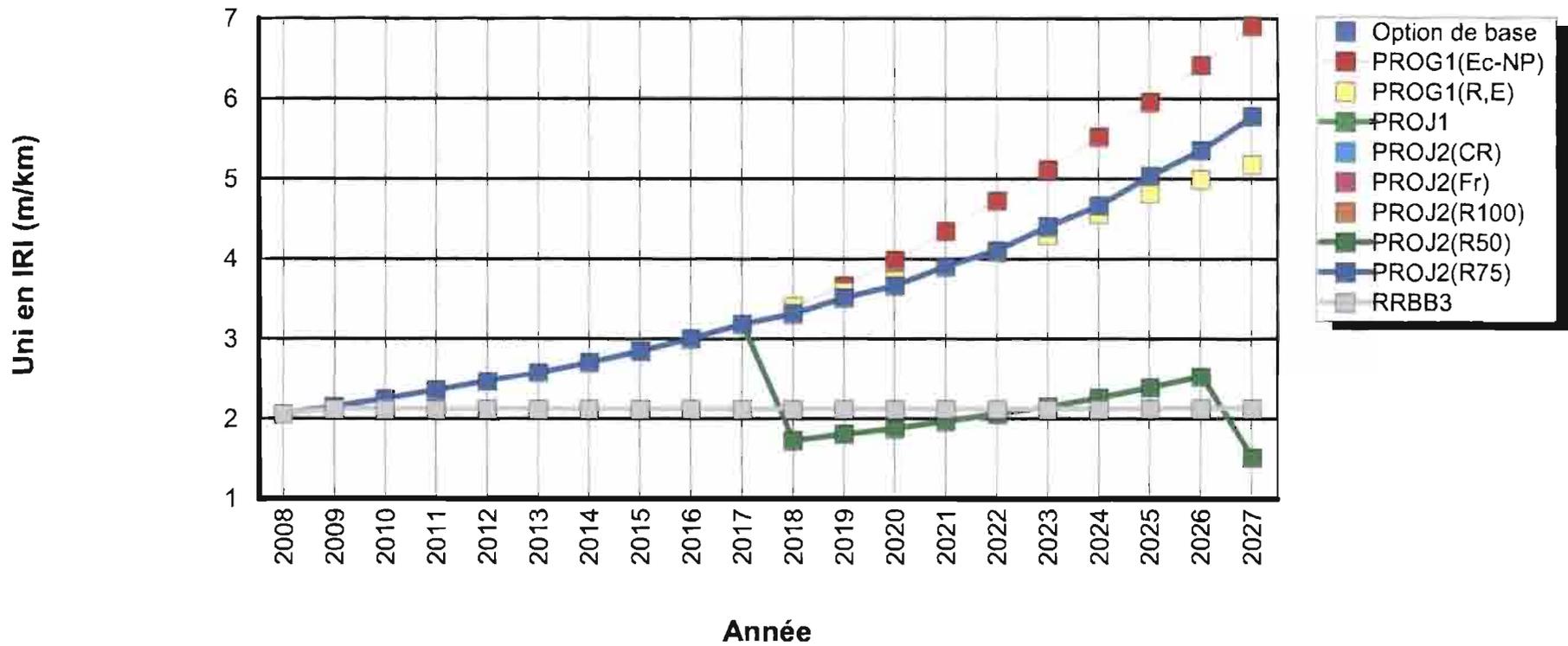
Uni - par section (G)

Titre de l'étude : PFE

Date du passage : 05-07-2008

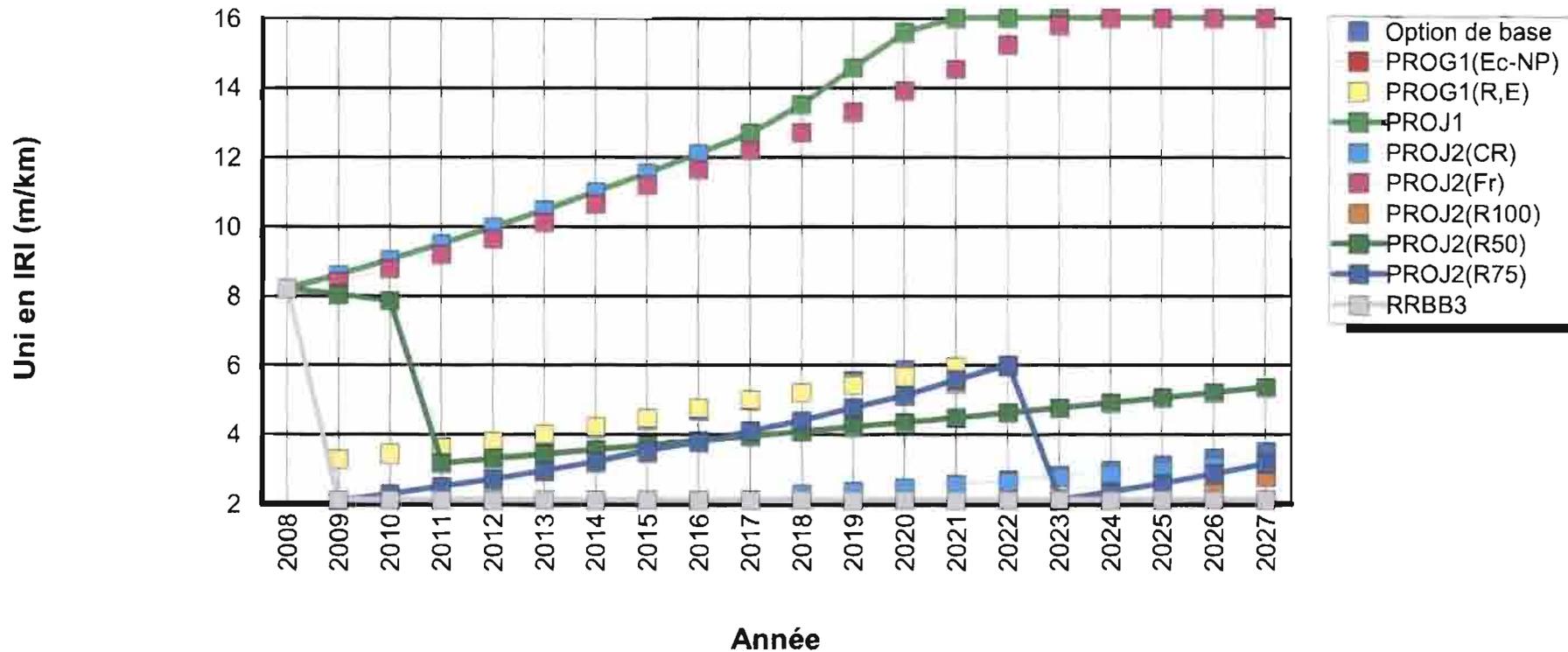
Détails de la section :

ID : 7	Classe de route : Primaire	Dénivelé : 1.00 m/km
Description : Faible-bon-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



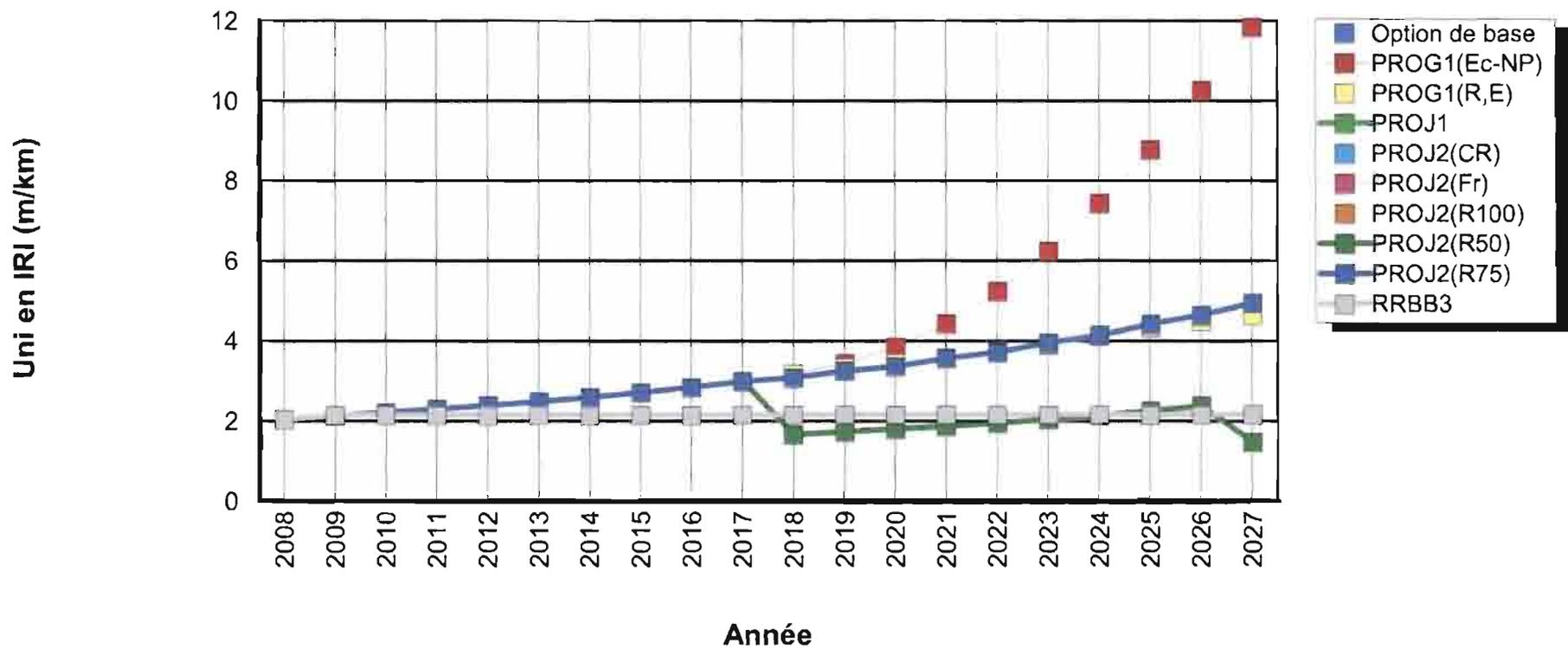
Détails de la section :

ID : 9	Classe de route : Primaire	Dénivelé : 1.00 m/km
Description : Faible-dégradé-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



Détails de la section :

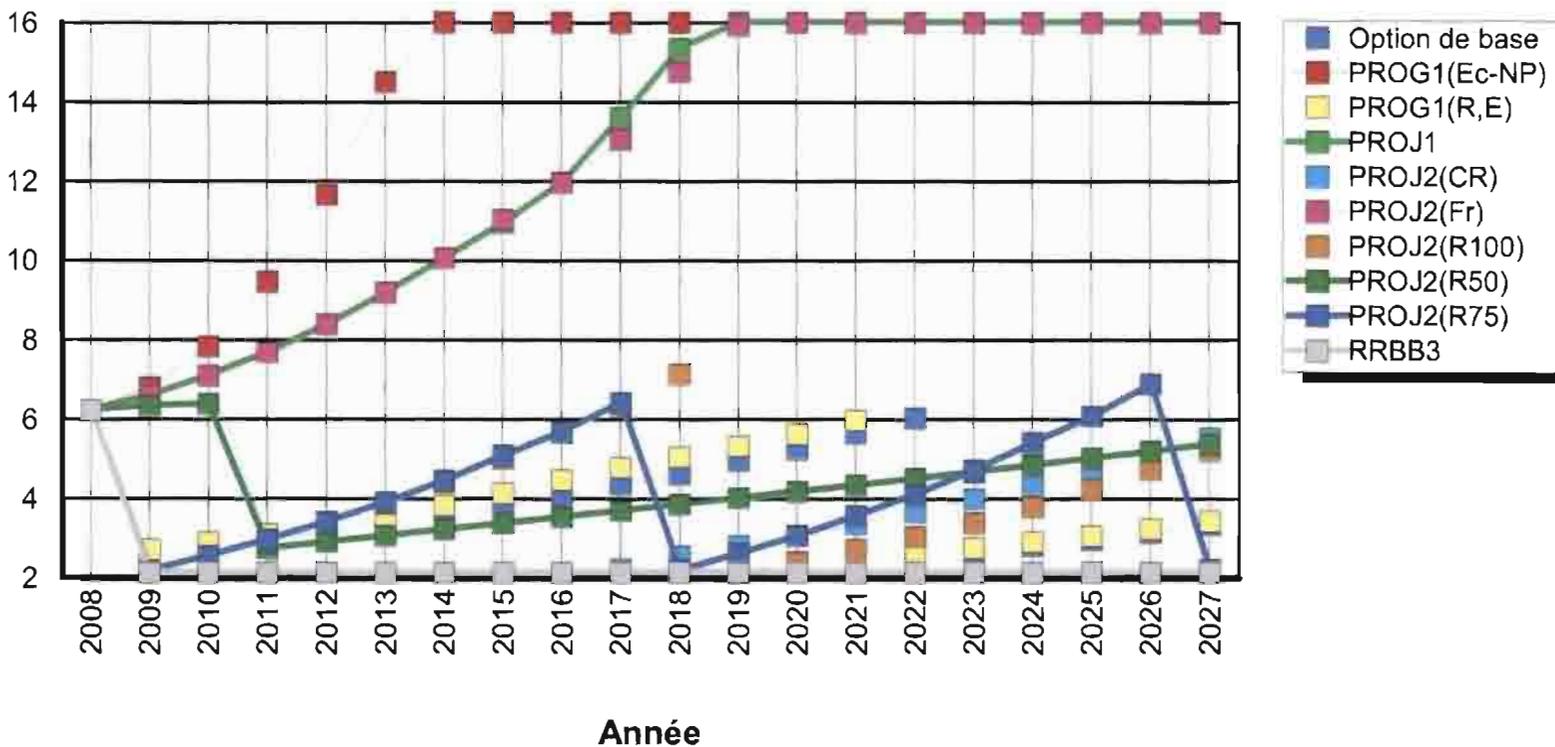
ID : 1 Classe de route : Primaire Dénivelé : 1.00 m/km
 Description : Fort-bon-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



Détails de la section :

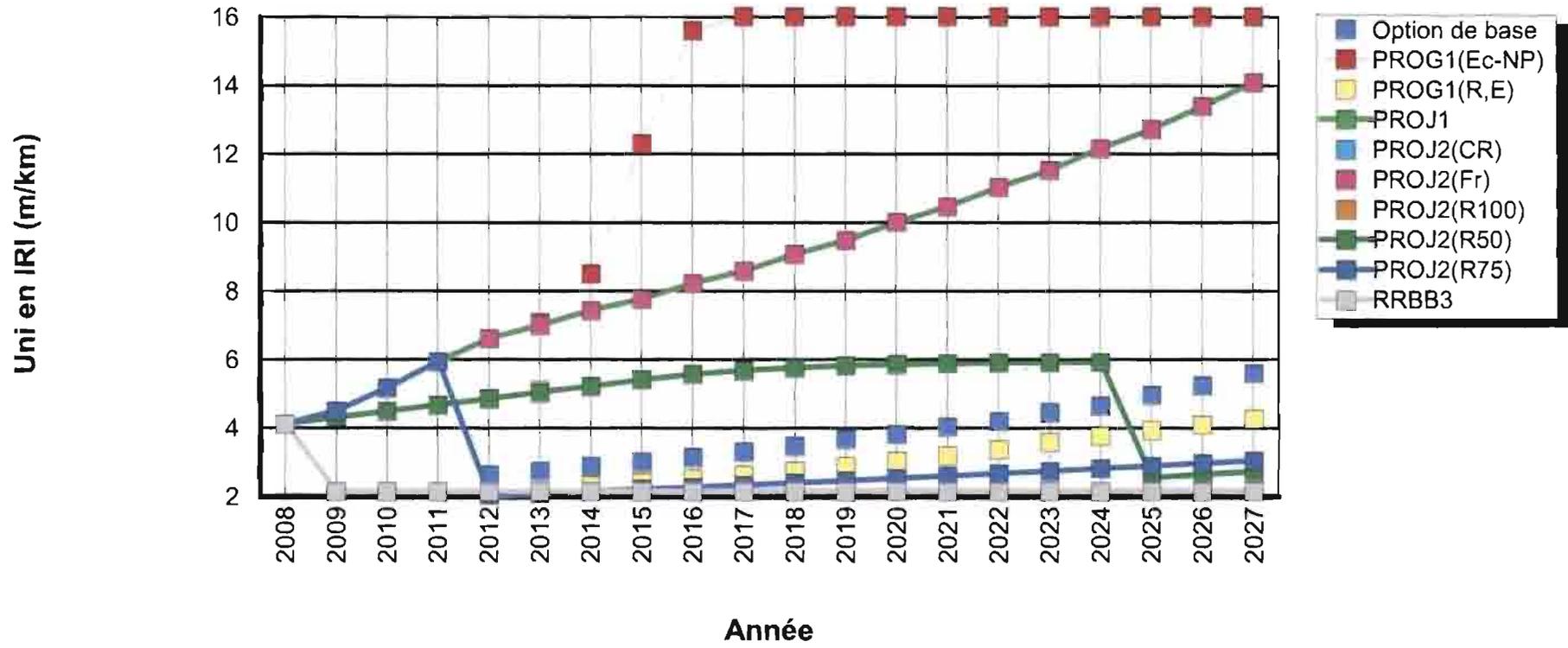
ID : 3	Classe de route : Primaire	Dénivelé : 1.00 m/km
Description : Fort-dégradé-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	

Uni en IRI (m/km)



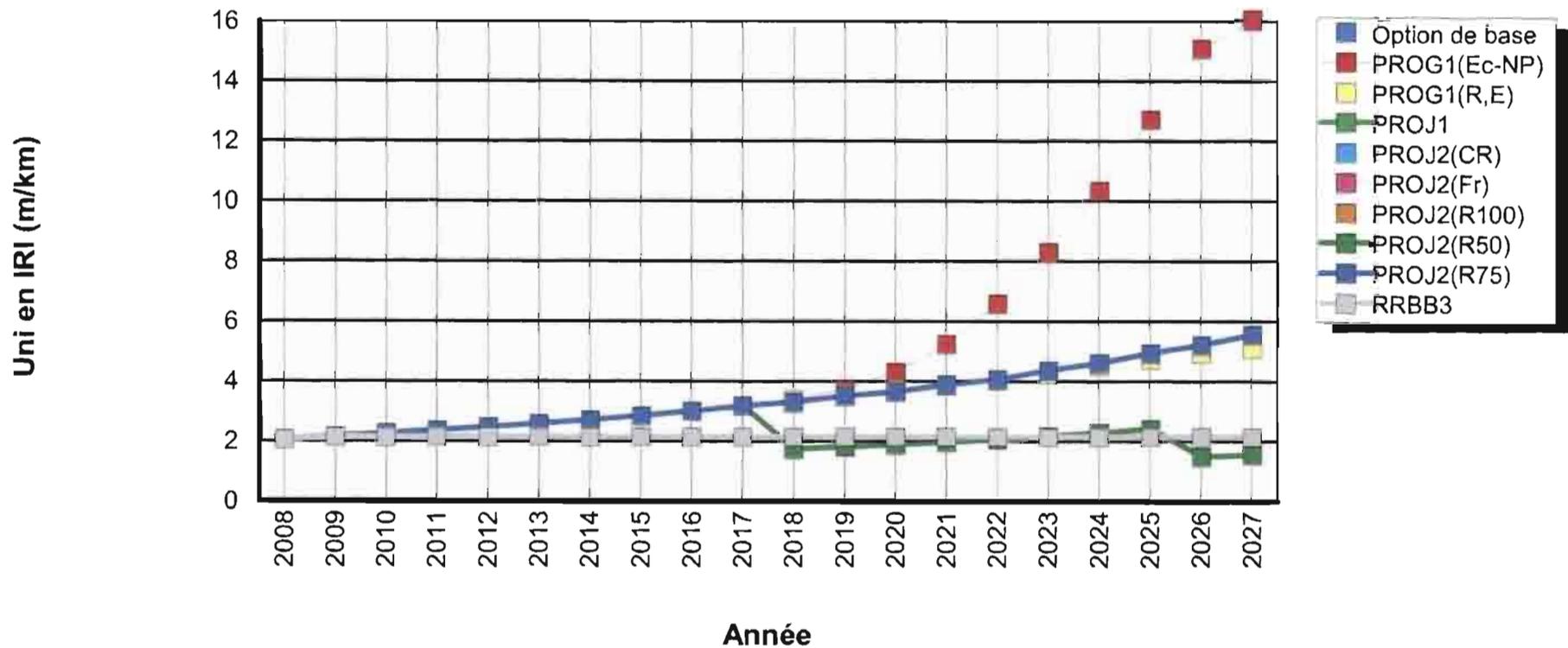
Détails de la section :

ID : 2 Classe de route : Primaire Dénivelé : 1.00 m/km
 Description : Fort-moyen-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



Détails de la section :

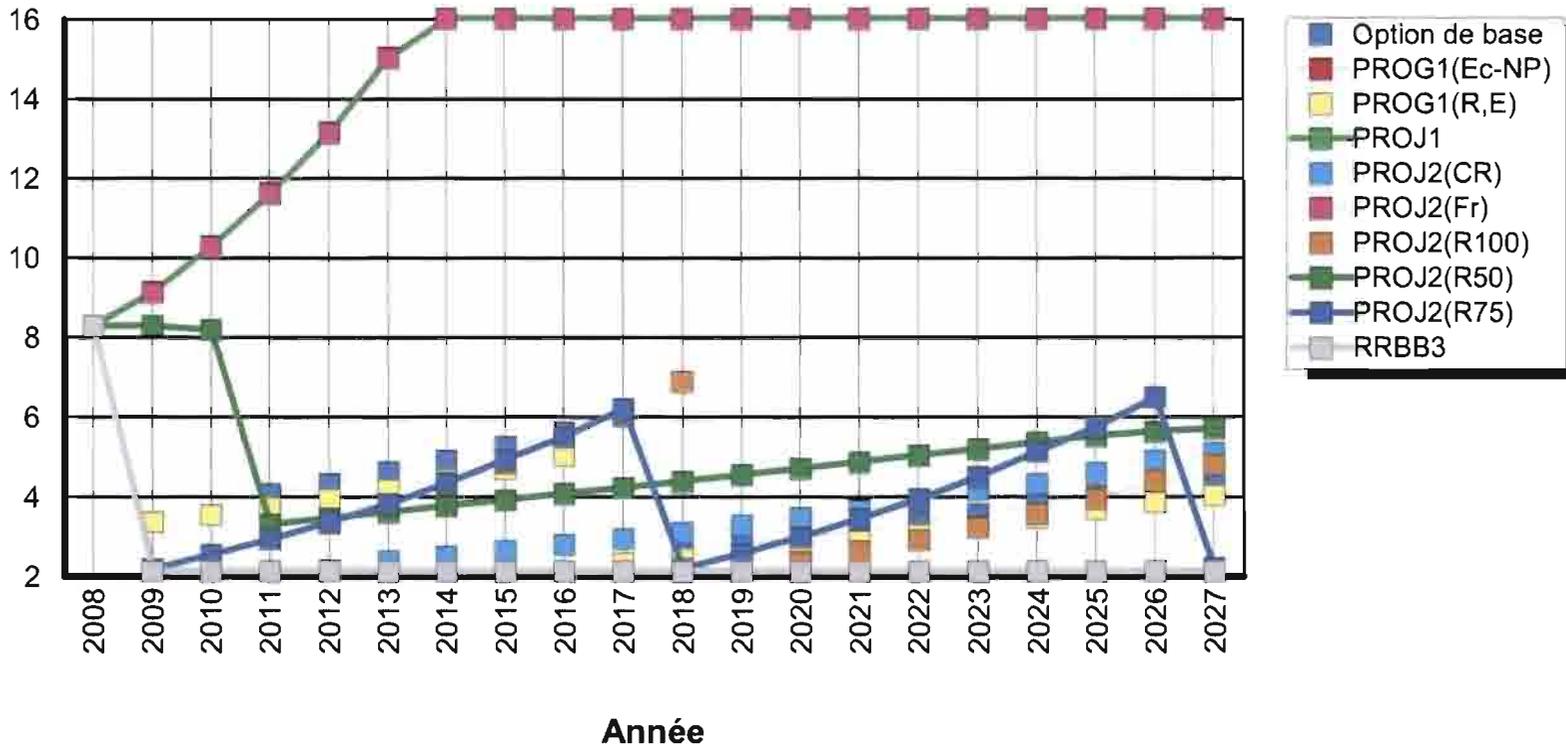
ID : 4 Classe de route : Primaire Dénivelé : 1.00 m/km
 Description : **Moyen-bon-revetue** Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



Détails de la section :

ID : 6	Classe de route : Primaire	Dénivelé : 1.00 m/km
Description : Moyen-dégradé-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	

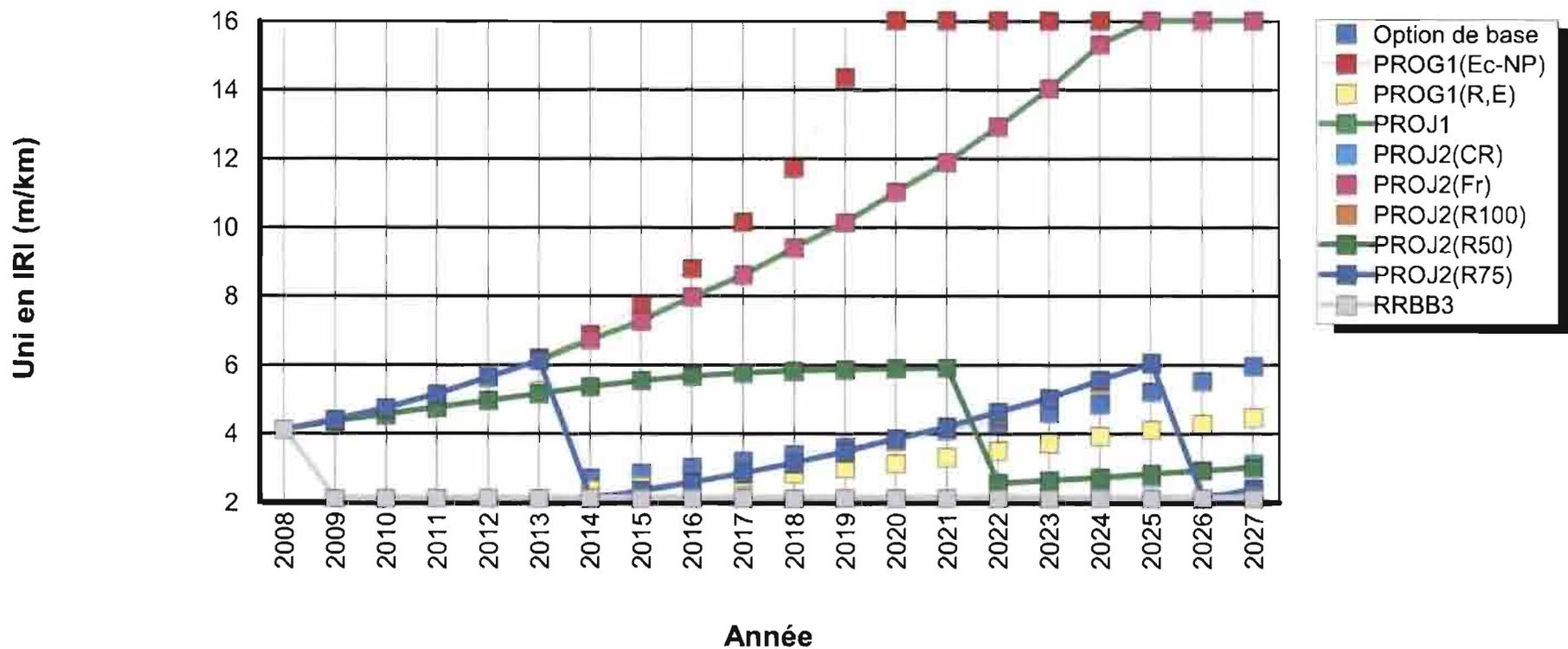
Uni en IRI (m/km)



HDM - 4 Uni - par section (G)

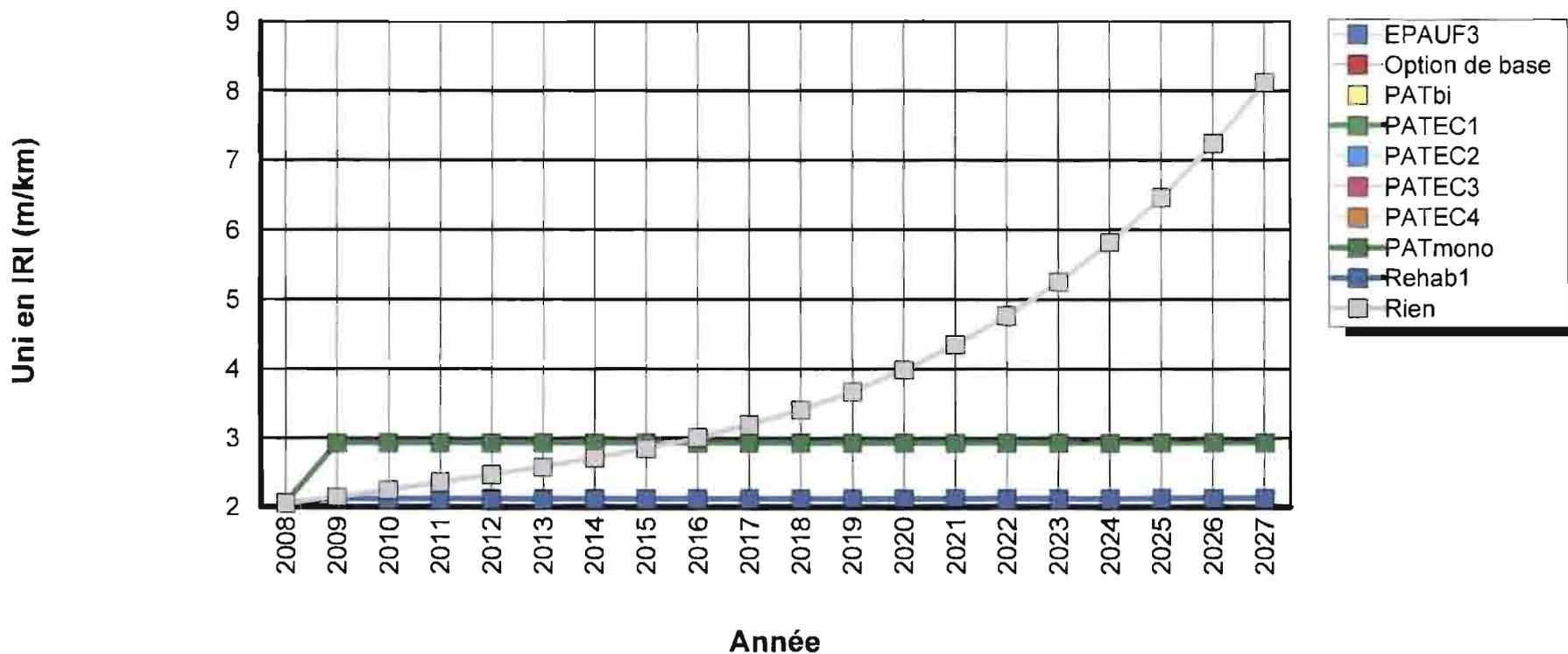
Détails de la section :

ID : 5 Classe de route : Primaire Dénivelé : 1.00 m/km
 Description : Moyen-moyen-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



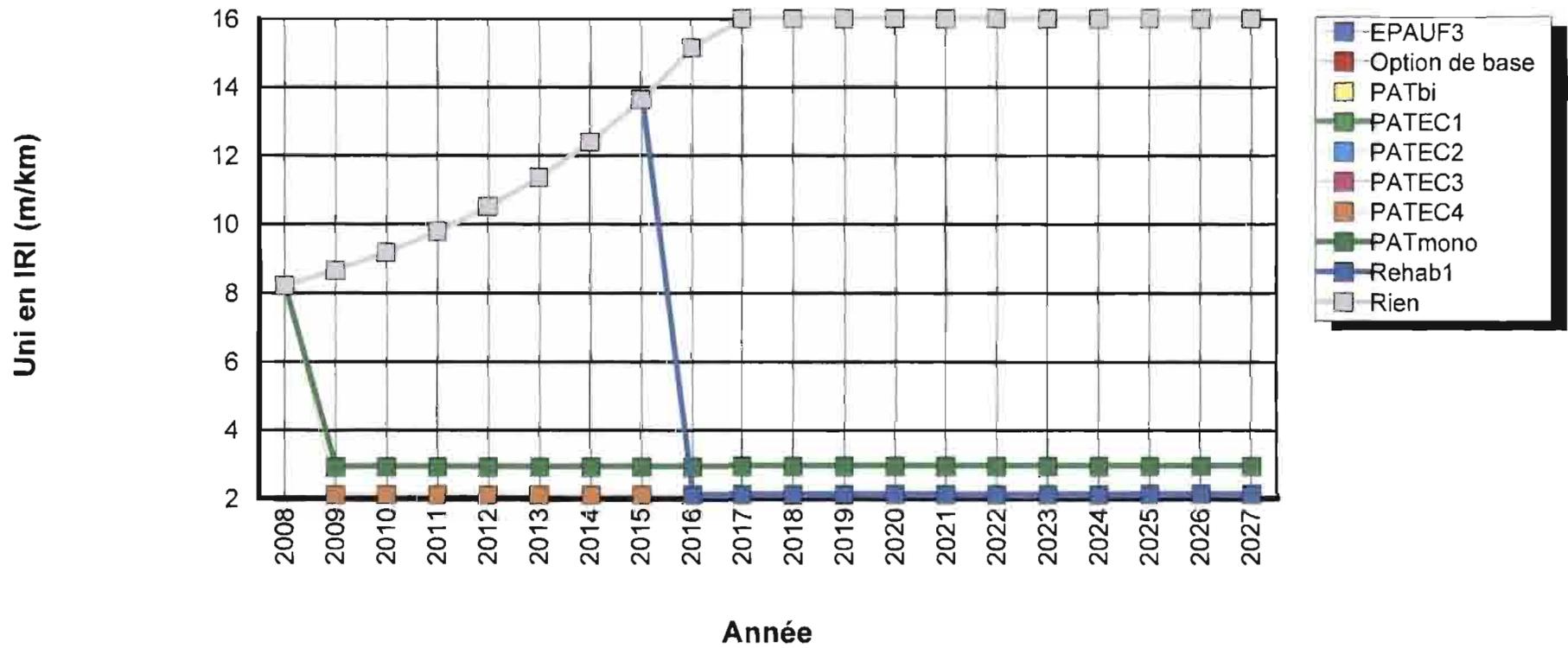
Détails de la section :

ID : 7	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Faible-bon-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



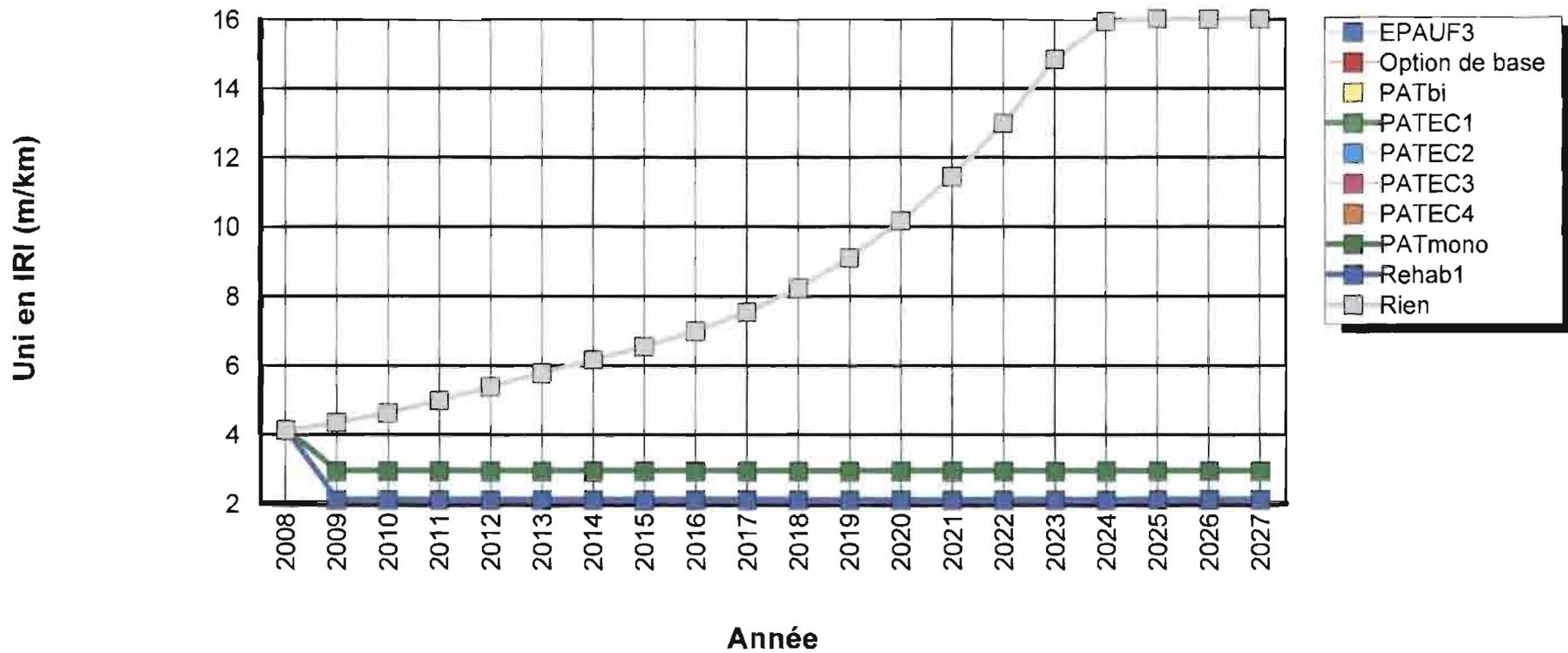
Détails de la section :

ID : 9	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Faible-dégradé-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



Détails de la section :

ID : 8	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Faible-moyen-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



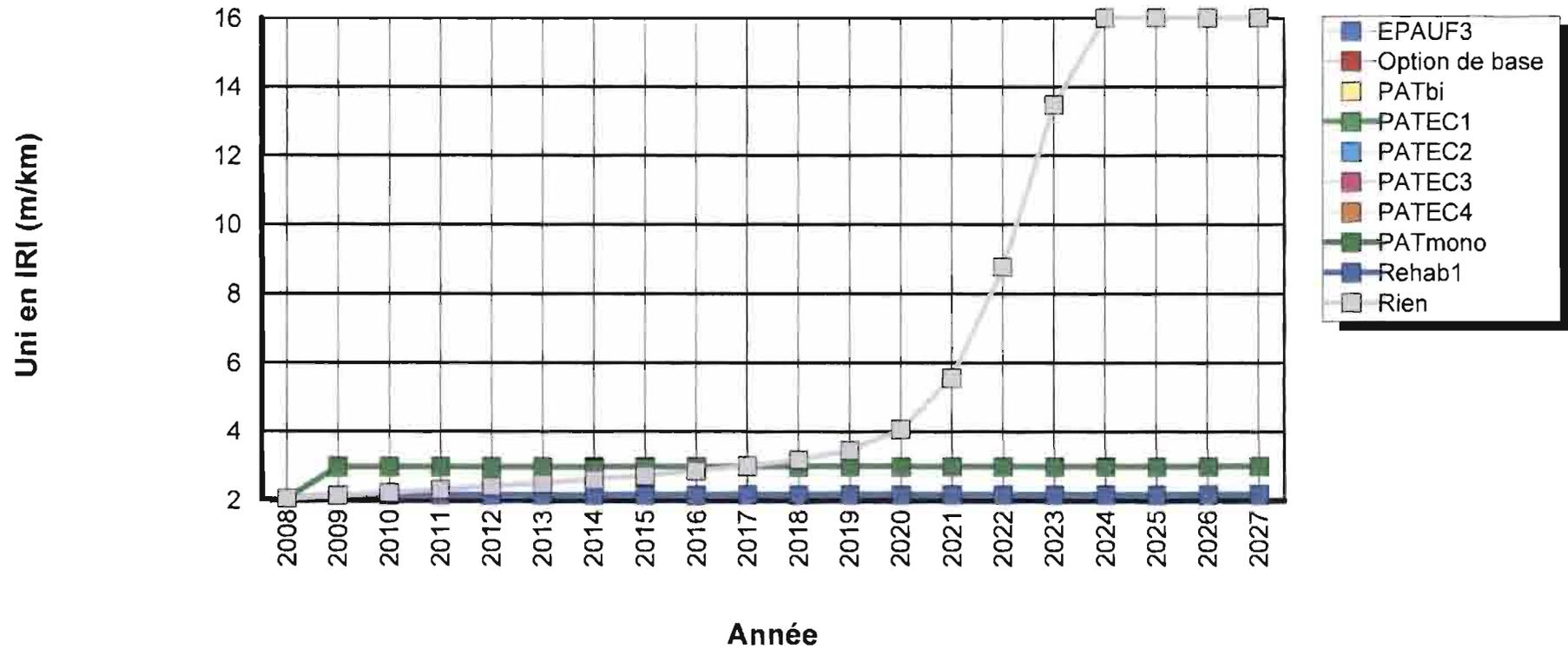
Détails de la section :

ID : 1
Description : Fort-bon-revetue

Classe de route Primaire

Longueur : 1.000 km
Largeur : 7.00 m

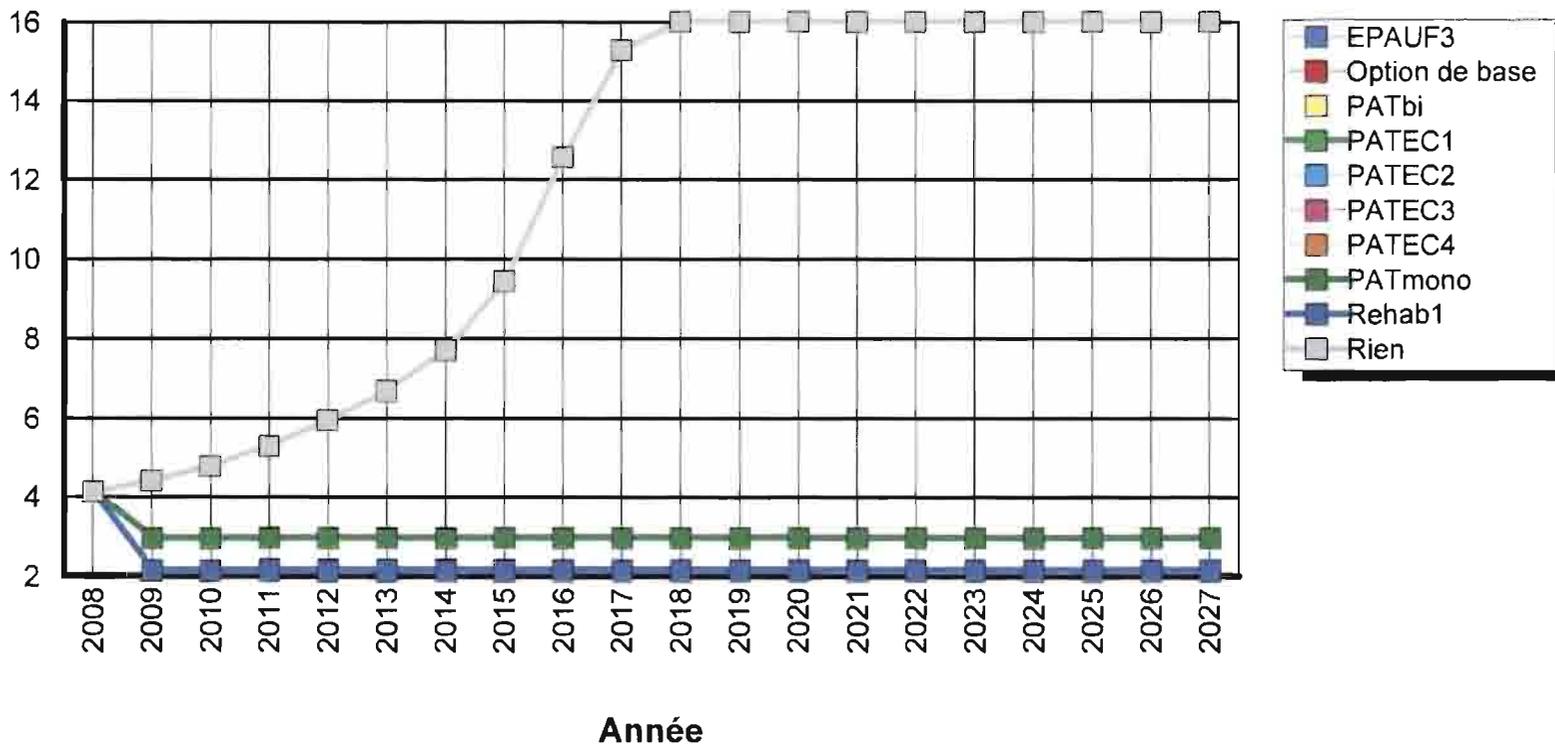
Dénivelé : 1.00 m/km
Sinuosité : 3.00 deg/km



Détails de la section :

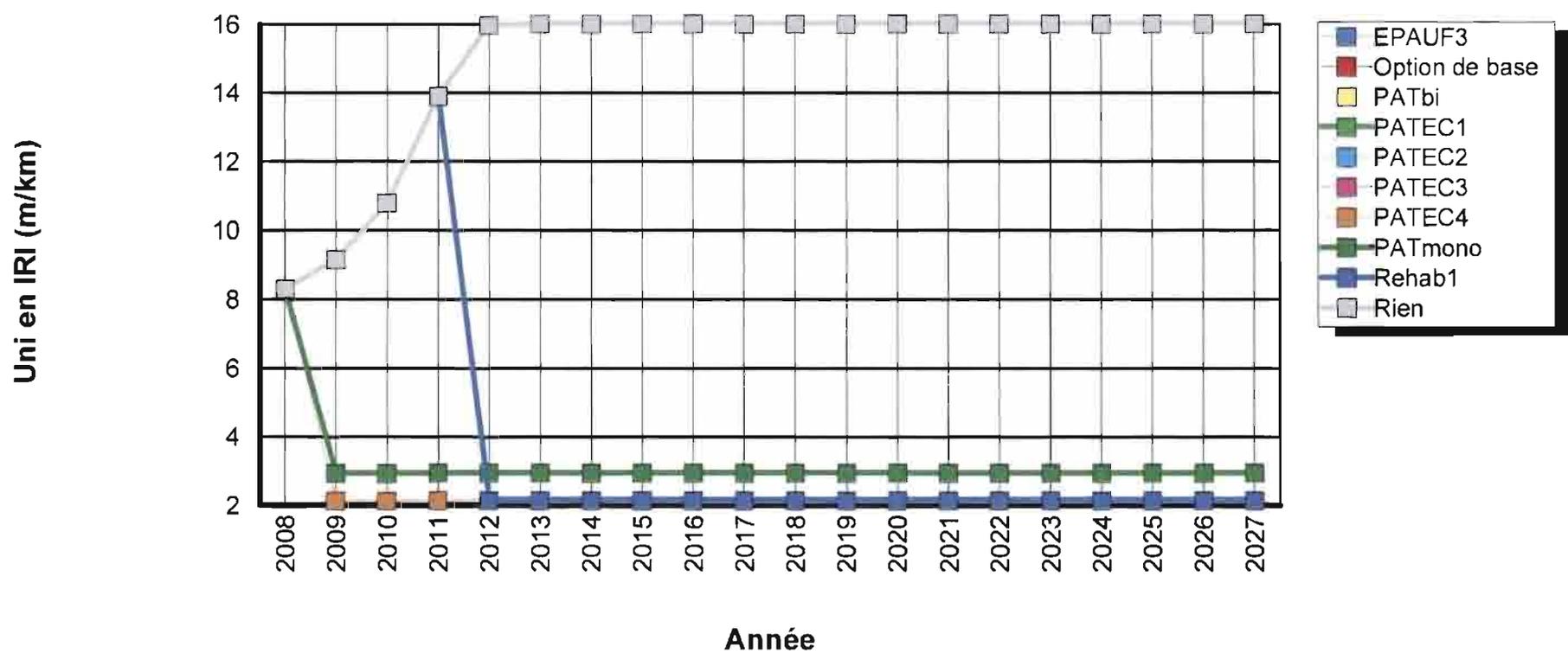
ID : 5	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Moyen-moyen-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	

Uni en IRI (m/km)



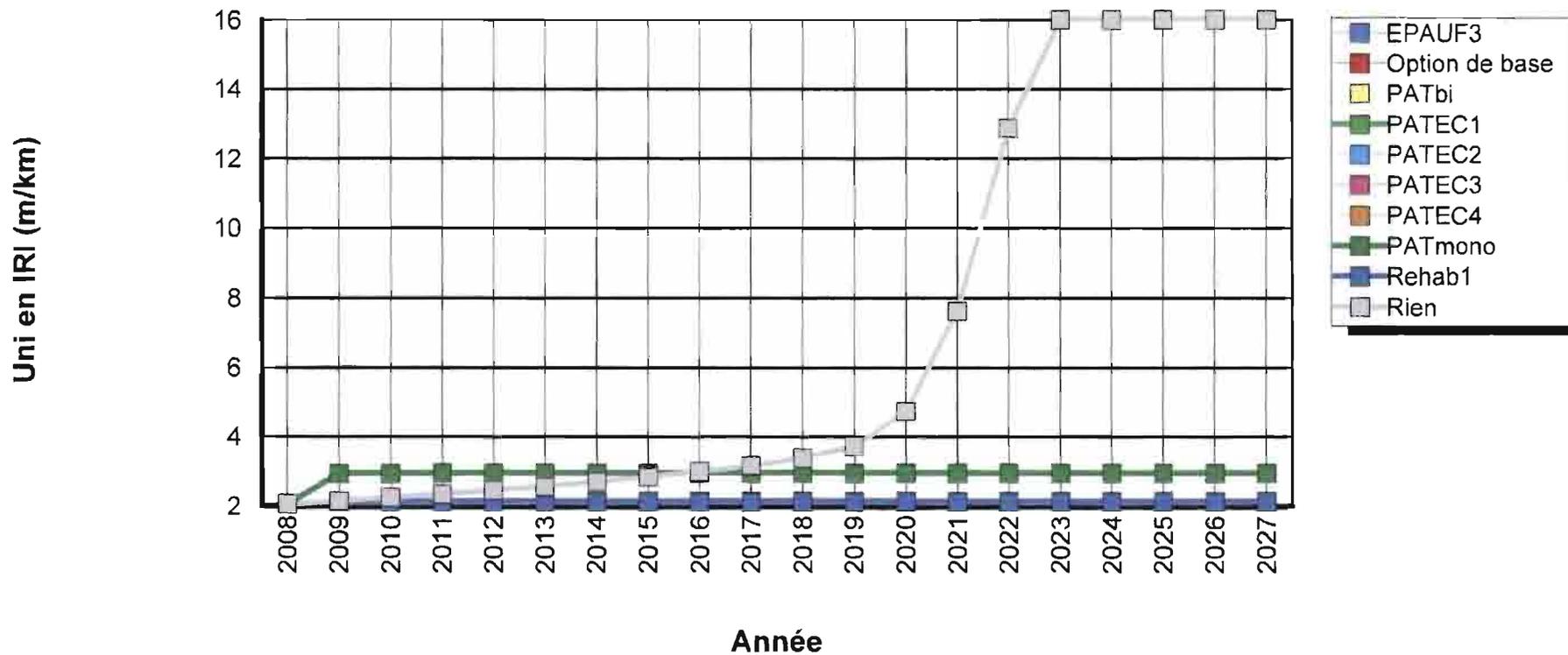
Détails de la section :

ID : 6 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Moyen-dégradé-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



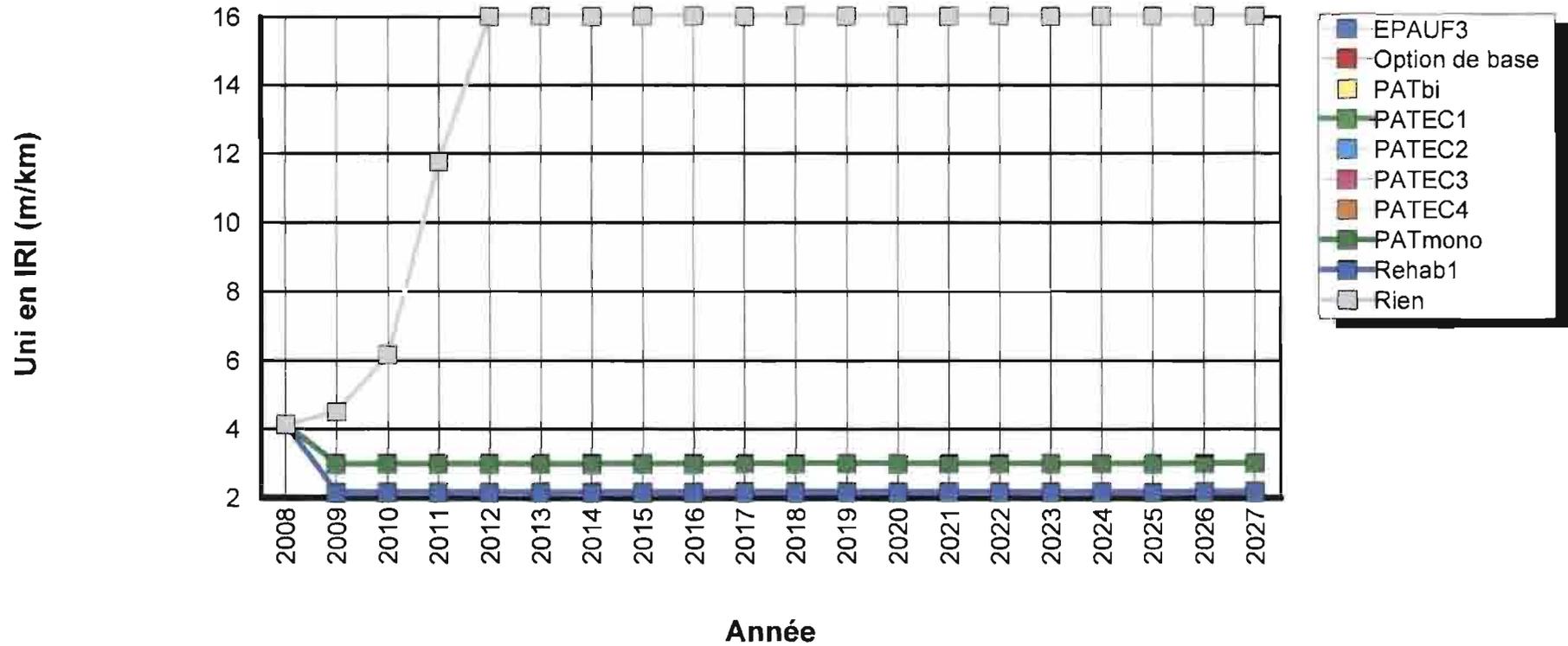
Détails de la section :

ID : 4 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Moyen-bon-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



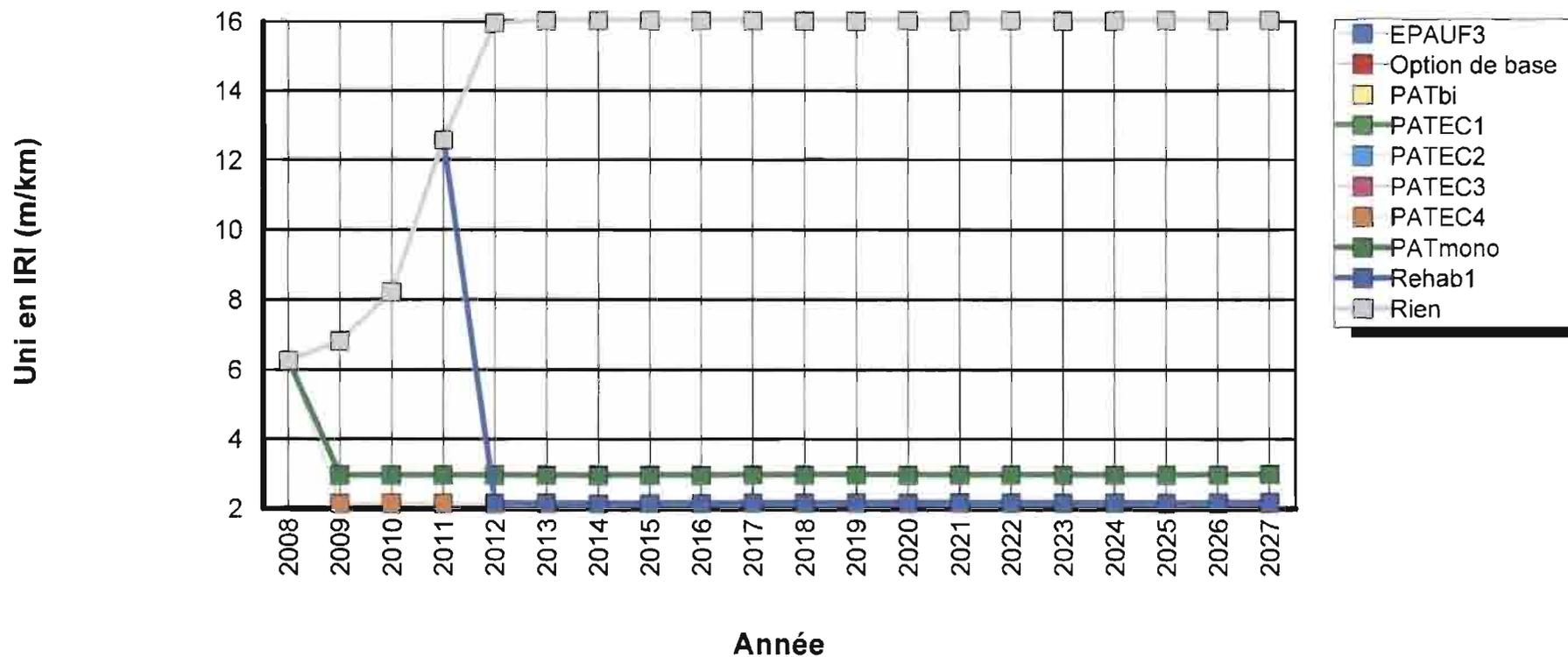
Détails de la section :

ID : 2 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Fort-moyen-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



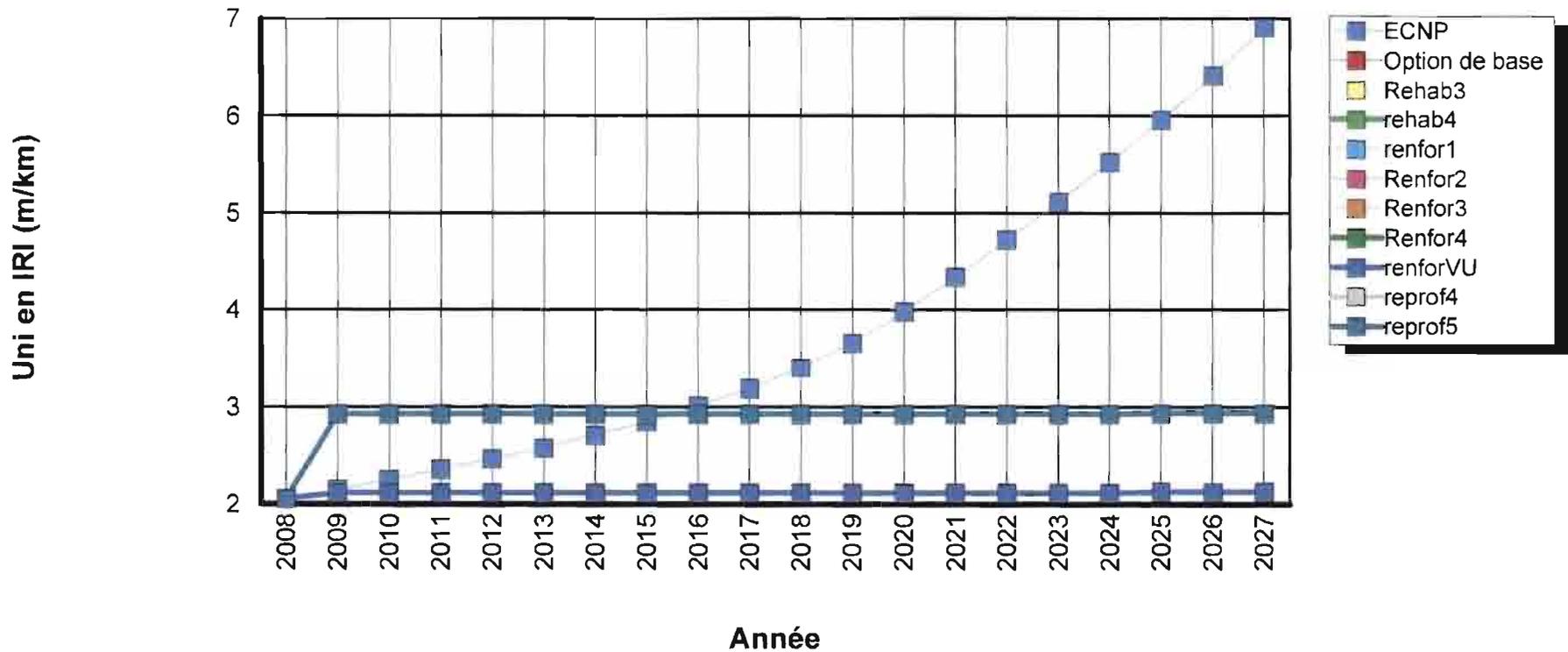
Détails de la section :

ID : 3 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Fort-dégradé-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



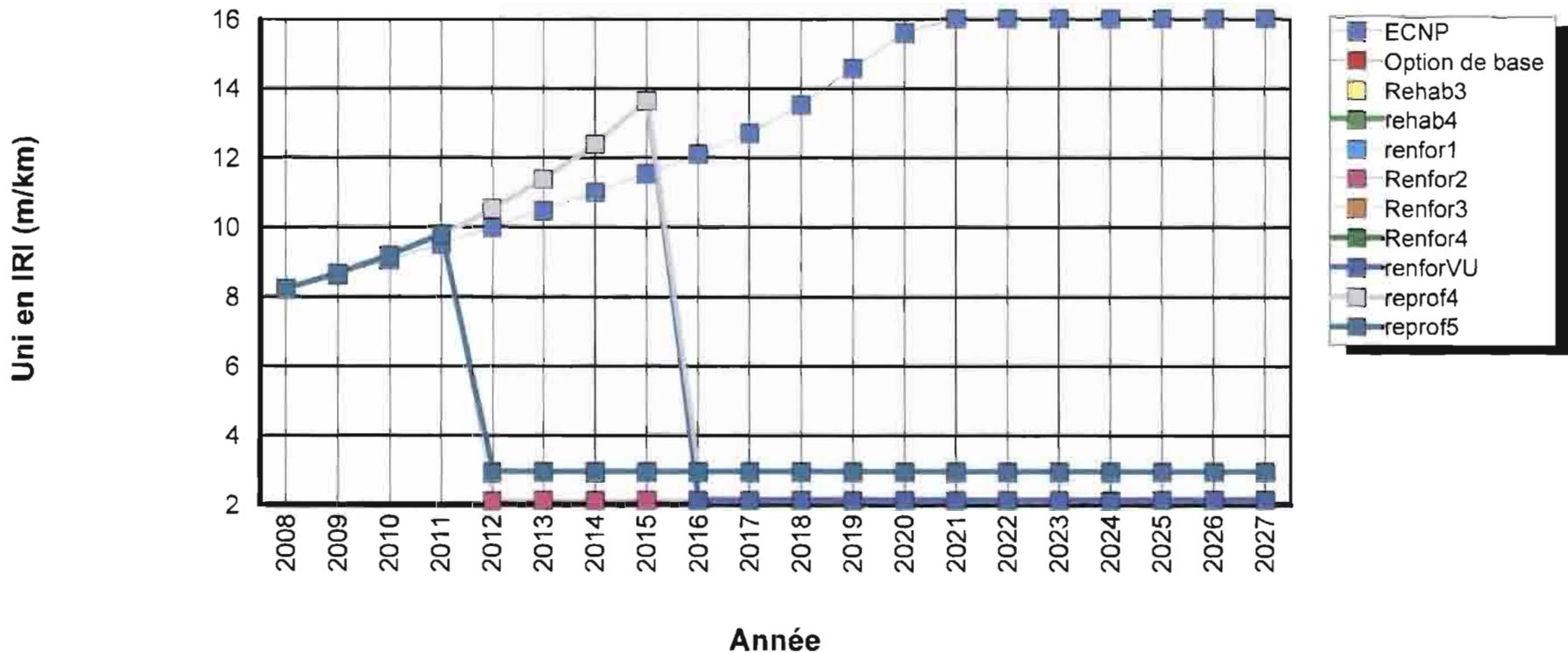
Détails de la section :

ID : 7	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Faible-bon-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



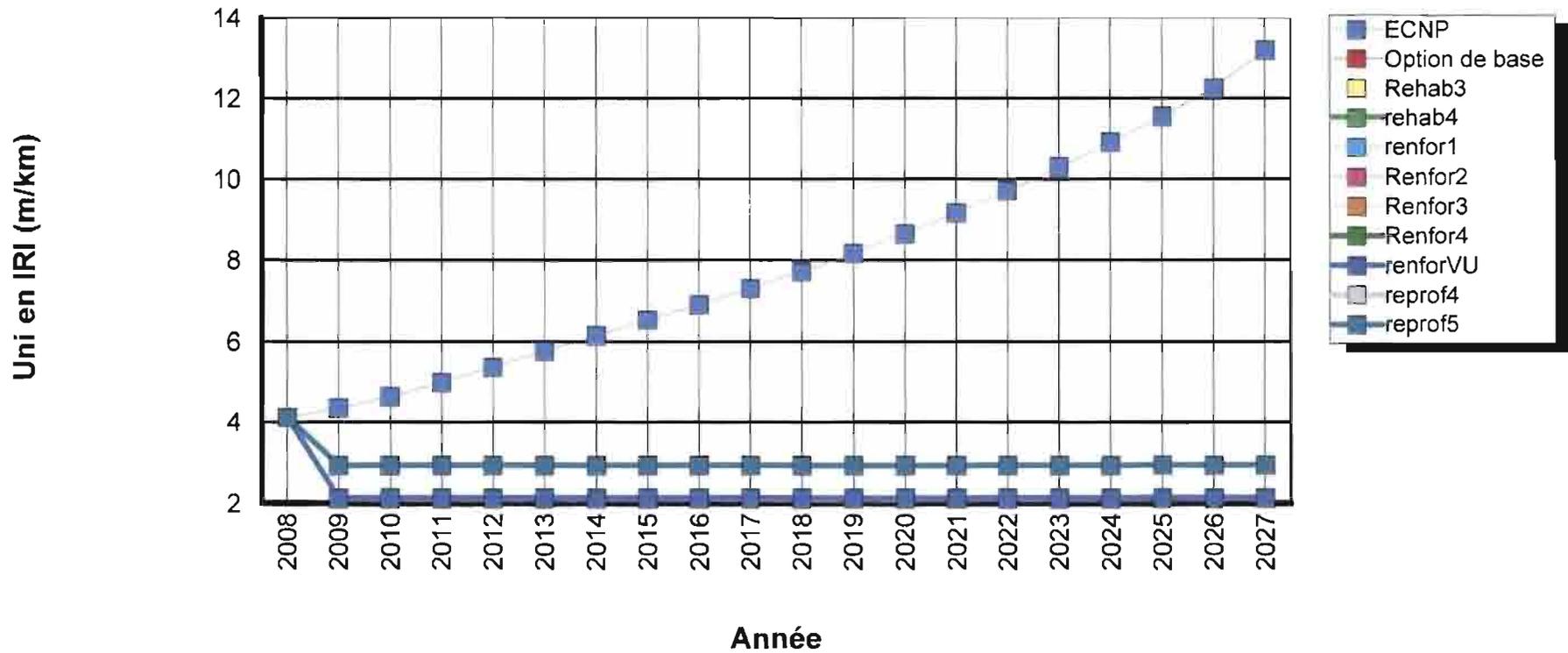
Détails de la section :

ID : 9 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Faible-dégradé-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



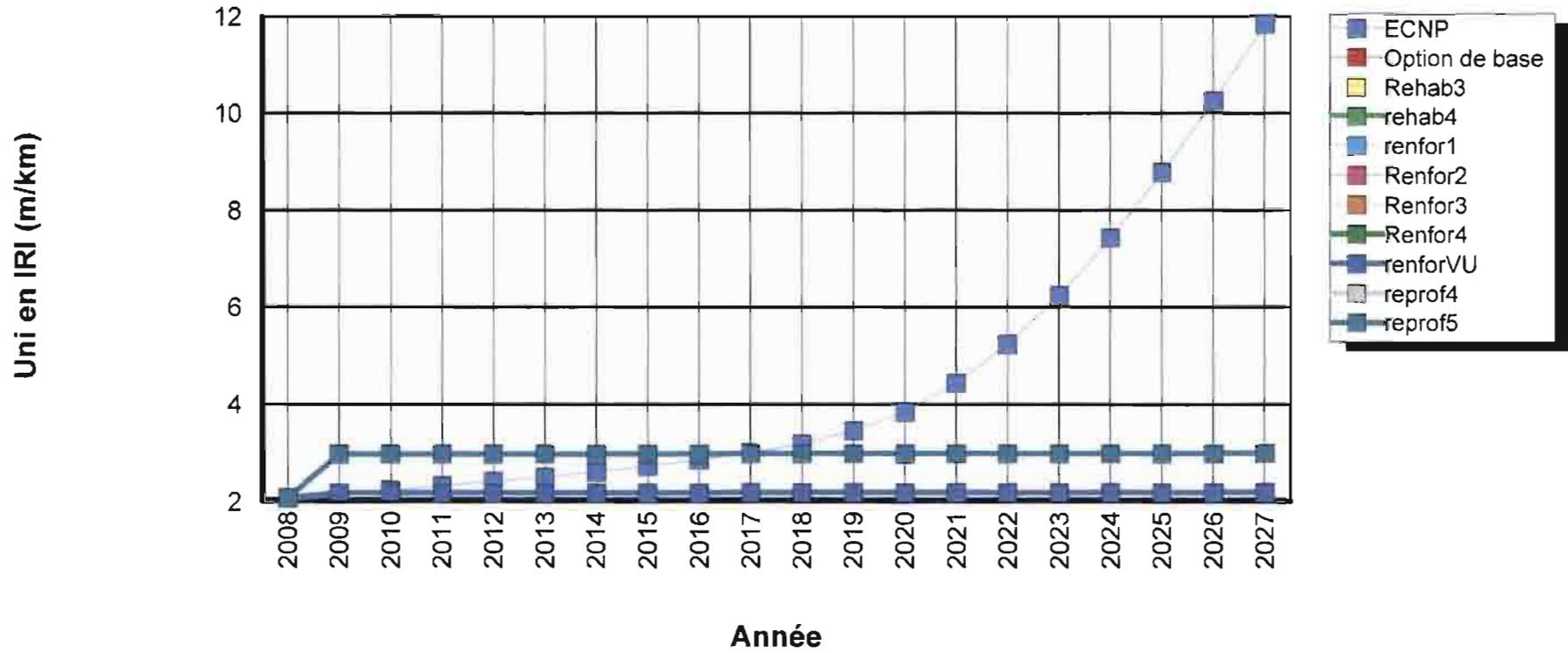
Détails de la section :

ID : 8 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Faible-moyen-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



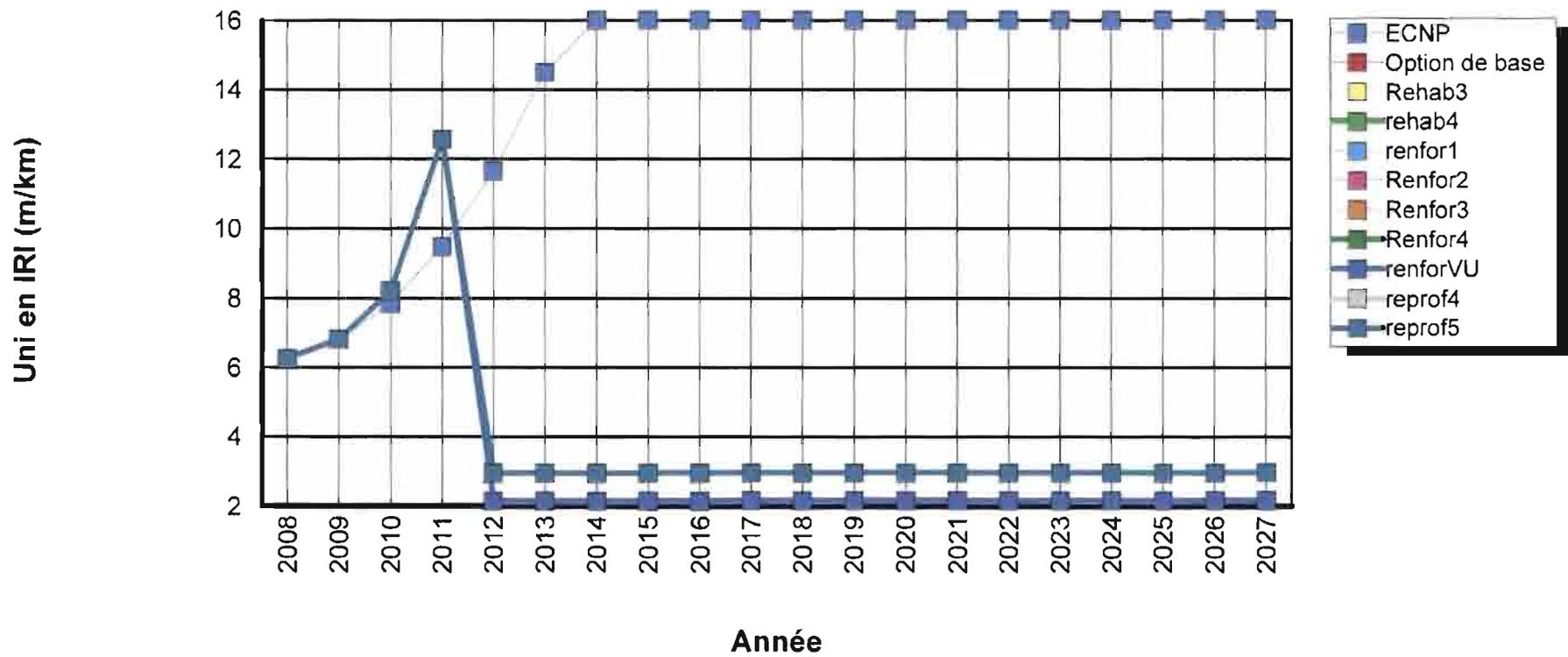
Détails de la section :

ID : 1	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Fort-bon-revetus	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



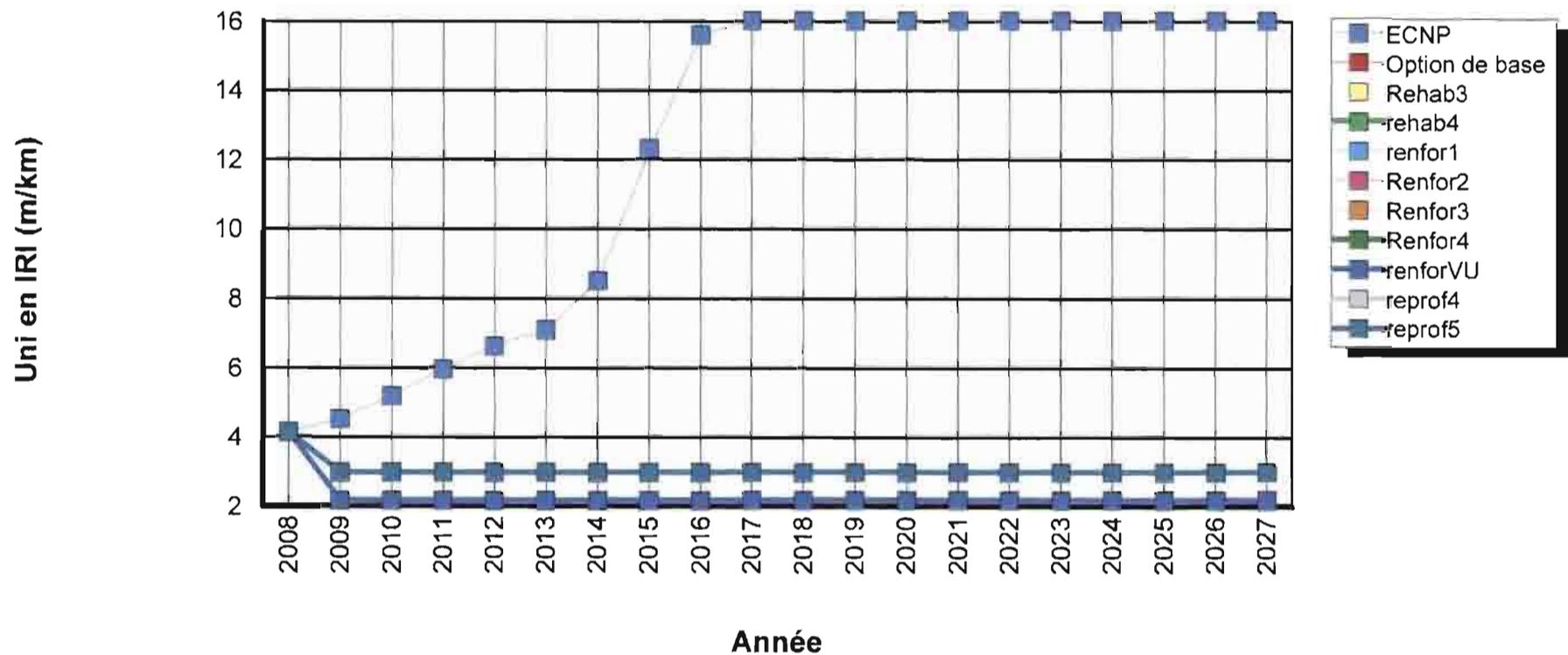
Détails de la section :

ID : 3 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Fort-dégradé-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



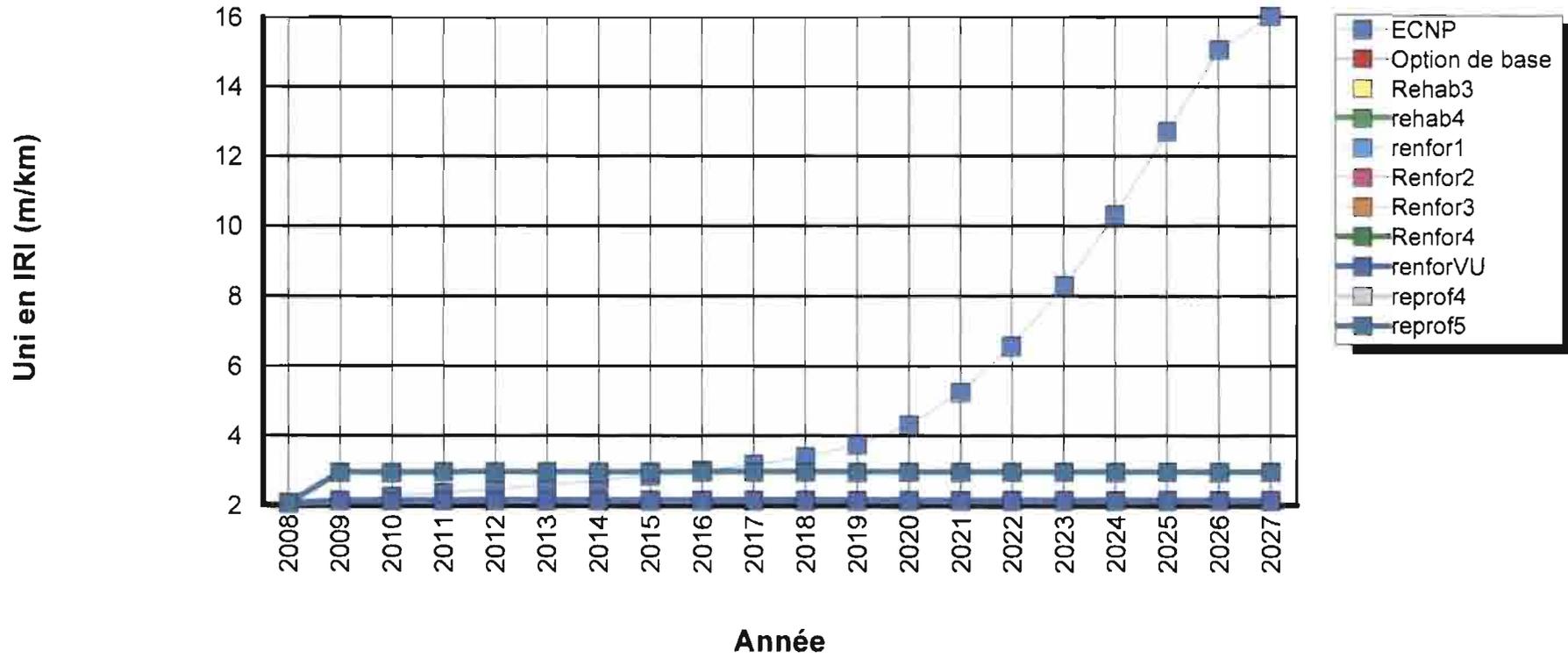
Détails de la section :

ID : 2 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Fort-moyen-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



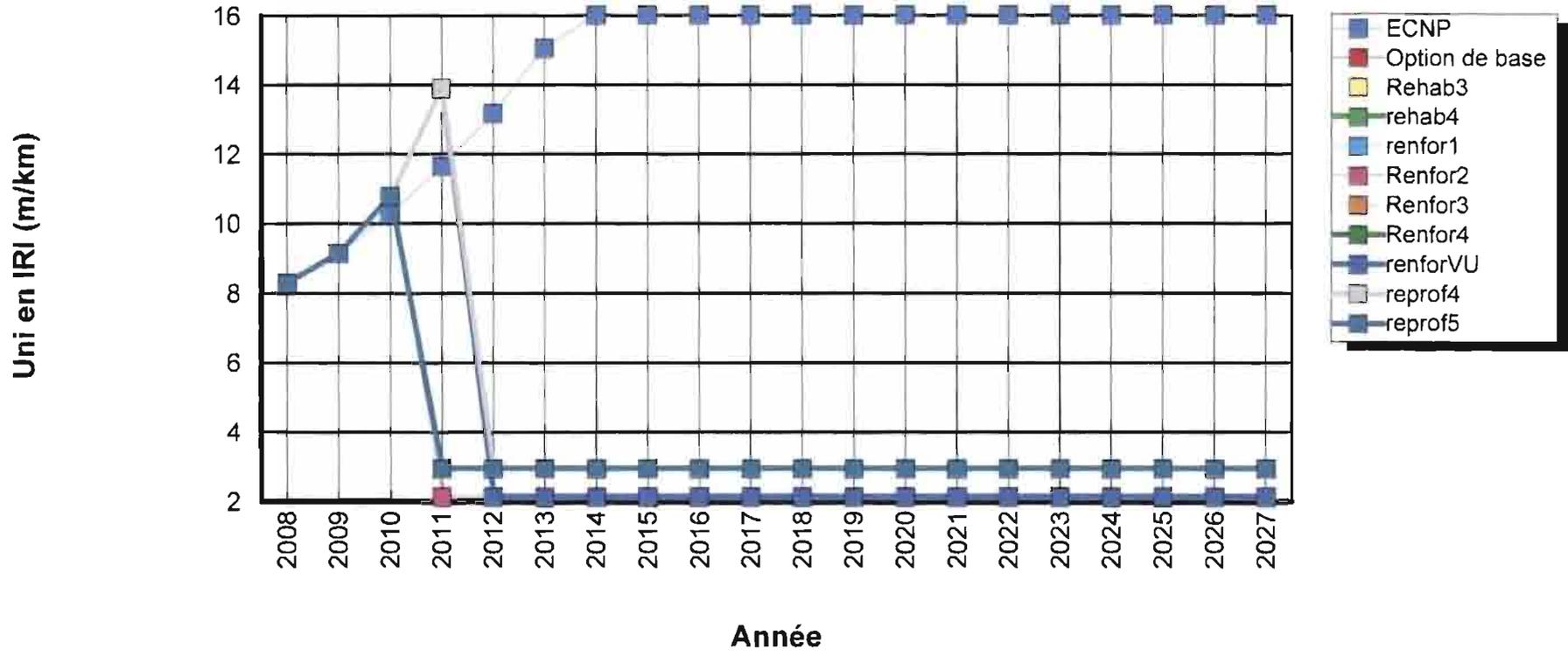
Détails de la section :

ID : 4	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Moyen-bon-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



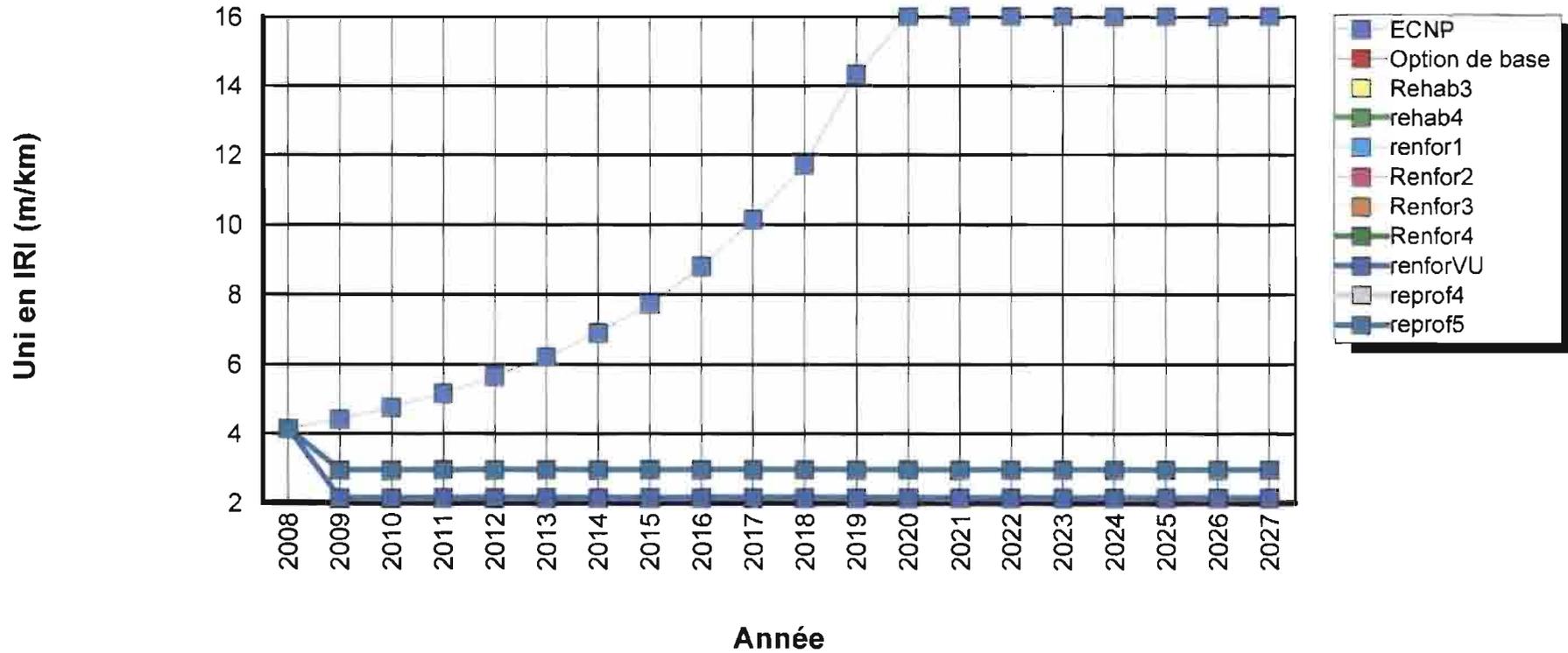
Détails de la section :

ID : 6 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Moyen-dégradé-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



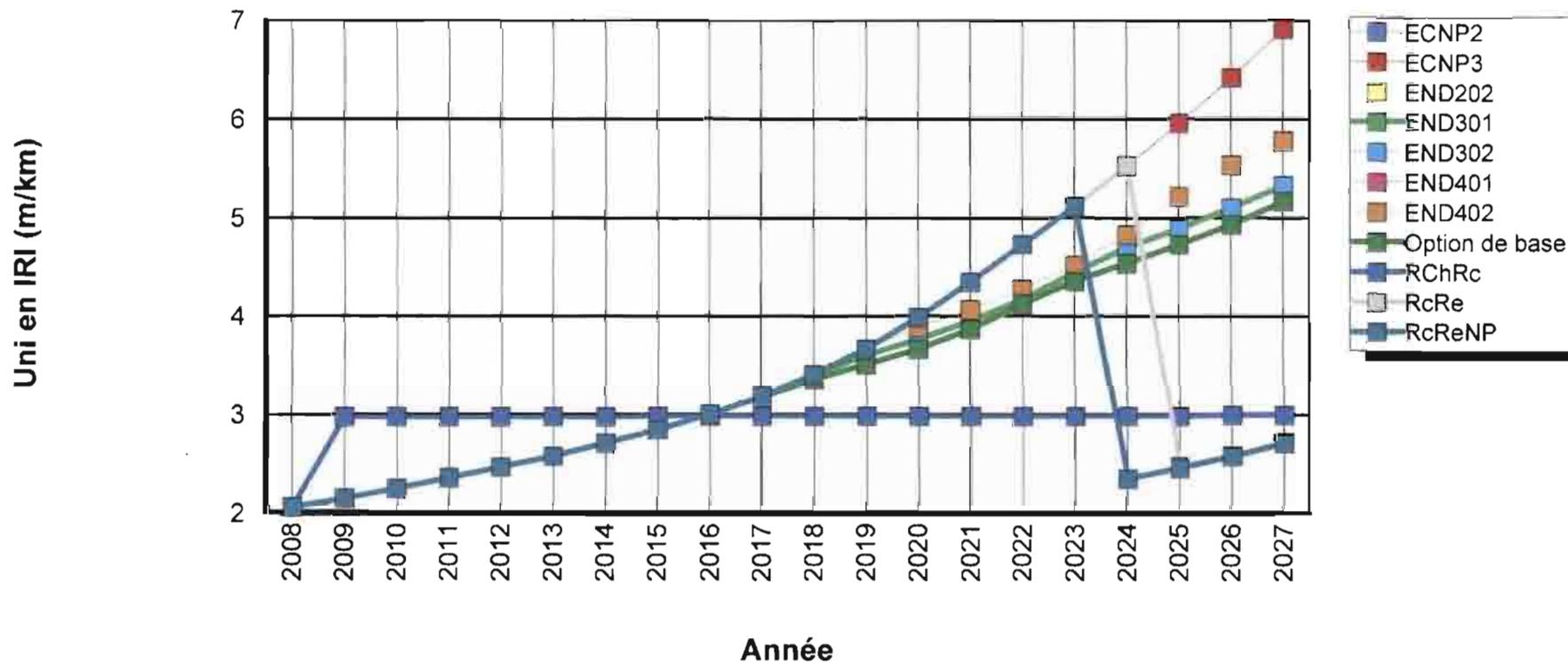
Détails de la section :

ID : 5	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Moyen-moyen-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



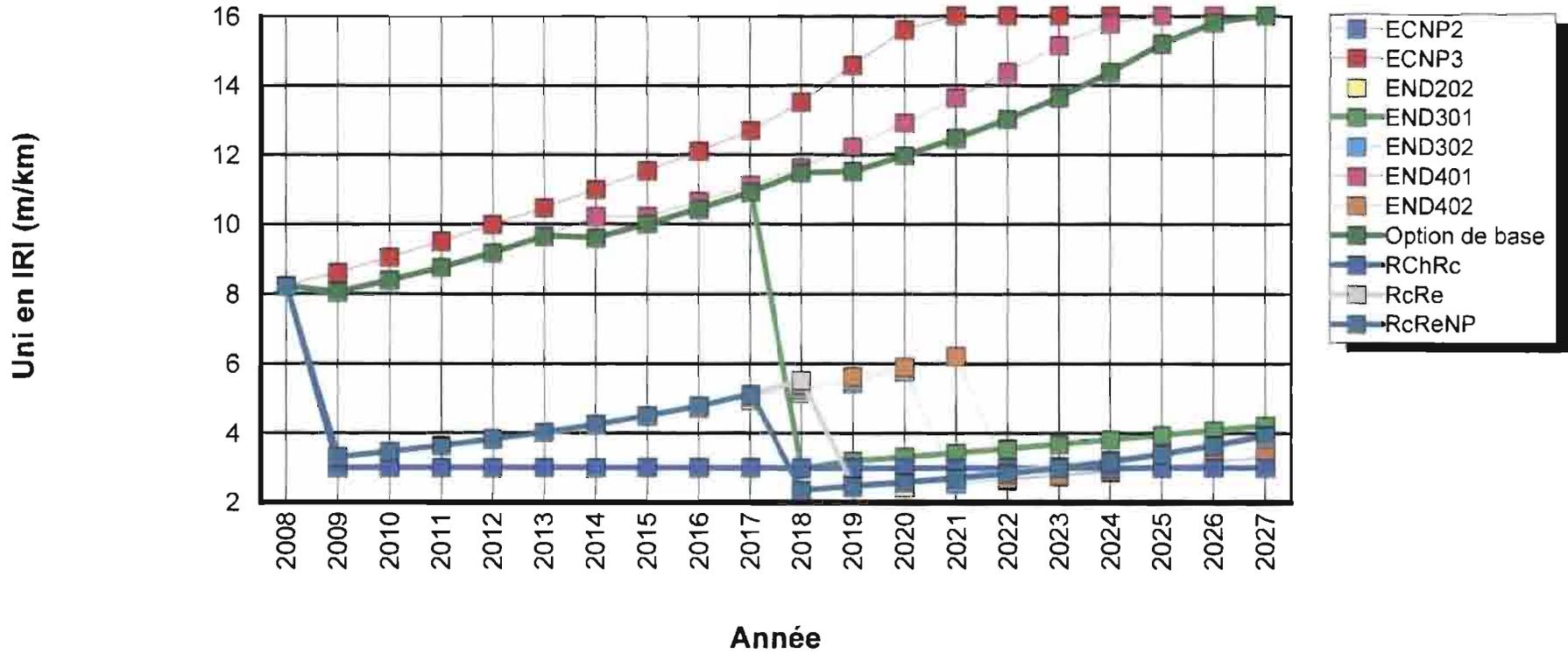
Détails de la section :

ID : 7	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Faible-bon-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinusité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



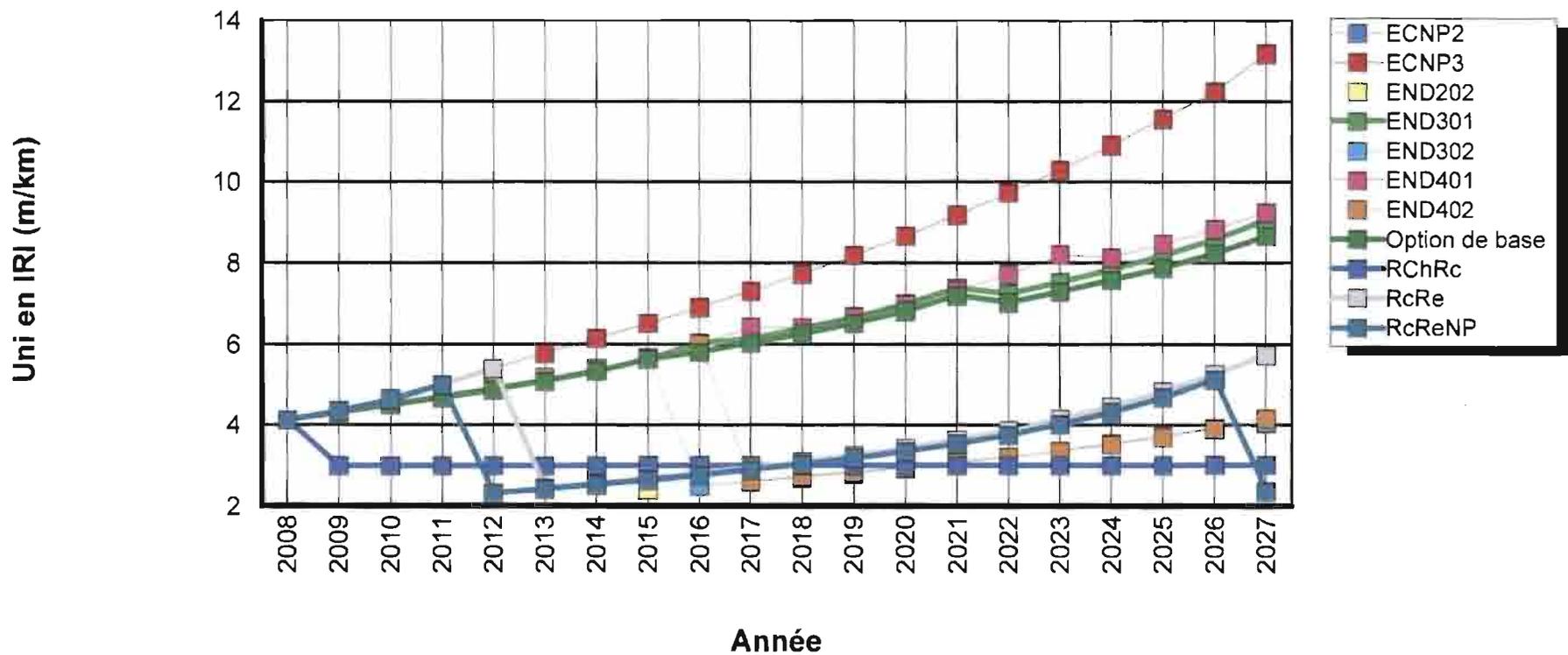
Détails de la section :

ID : 9 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Faible-dégradé-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



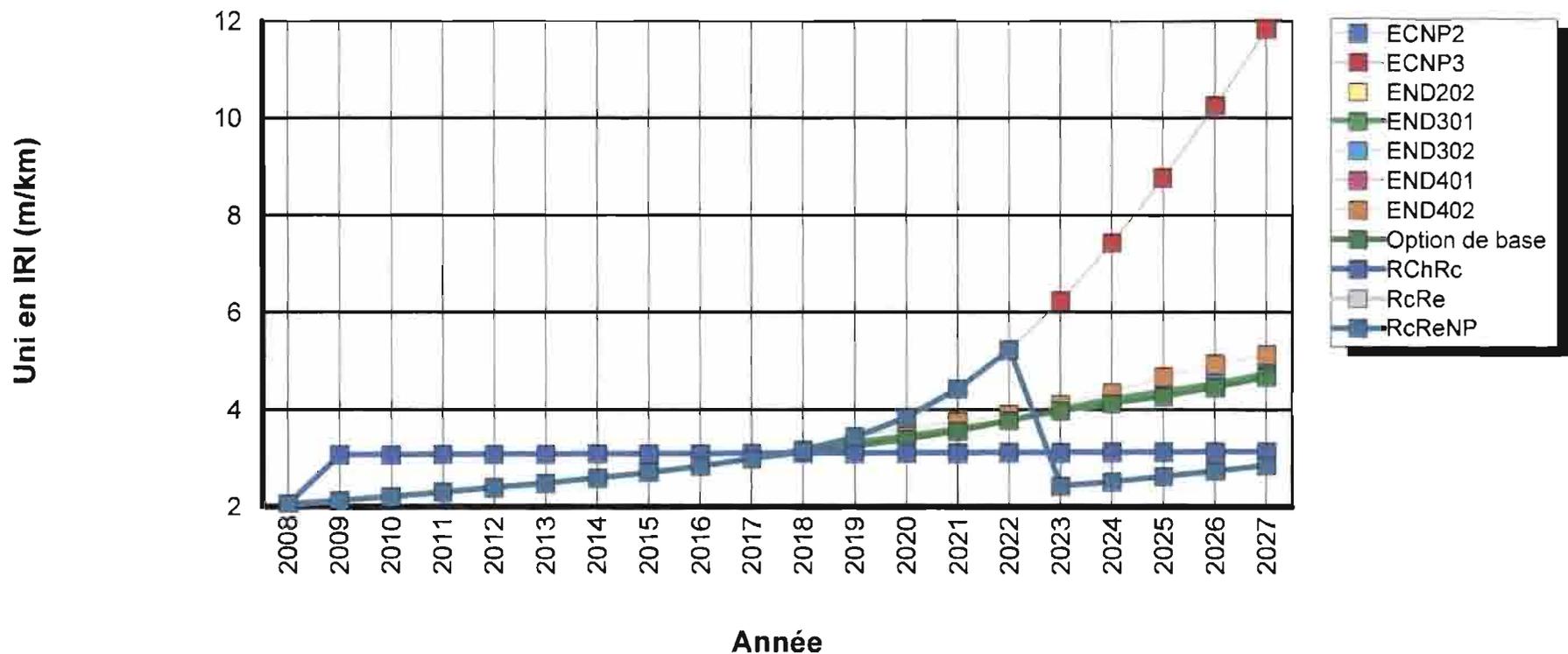
Détails de la section :

ID : 8 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Faible-moyen-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



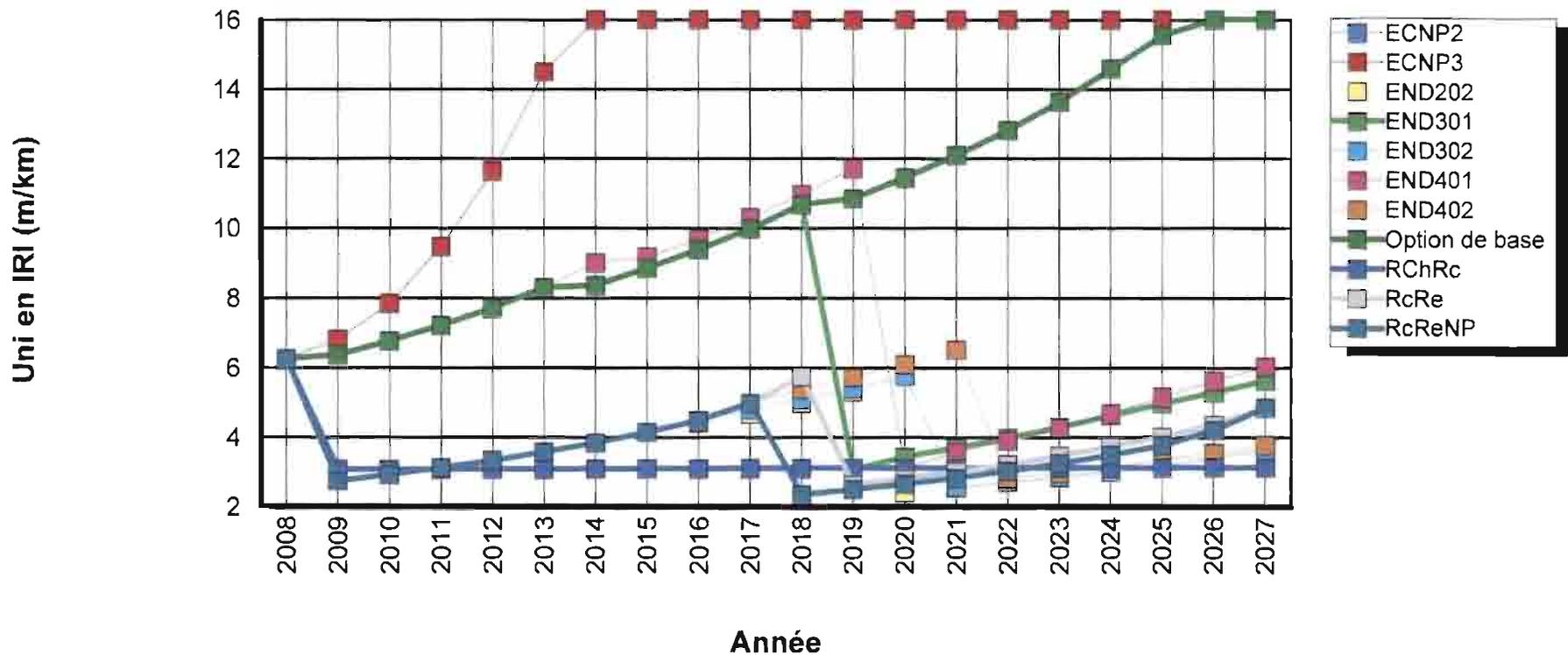
Détails de la section :

ID : 1	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Fort-bon-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



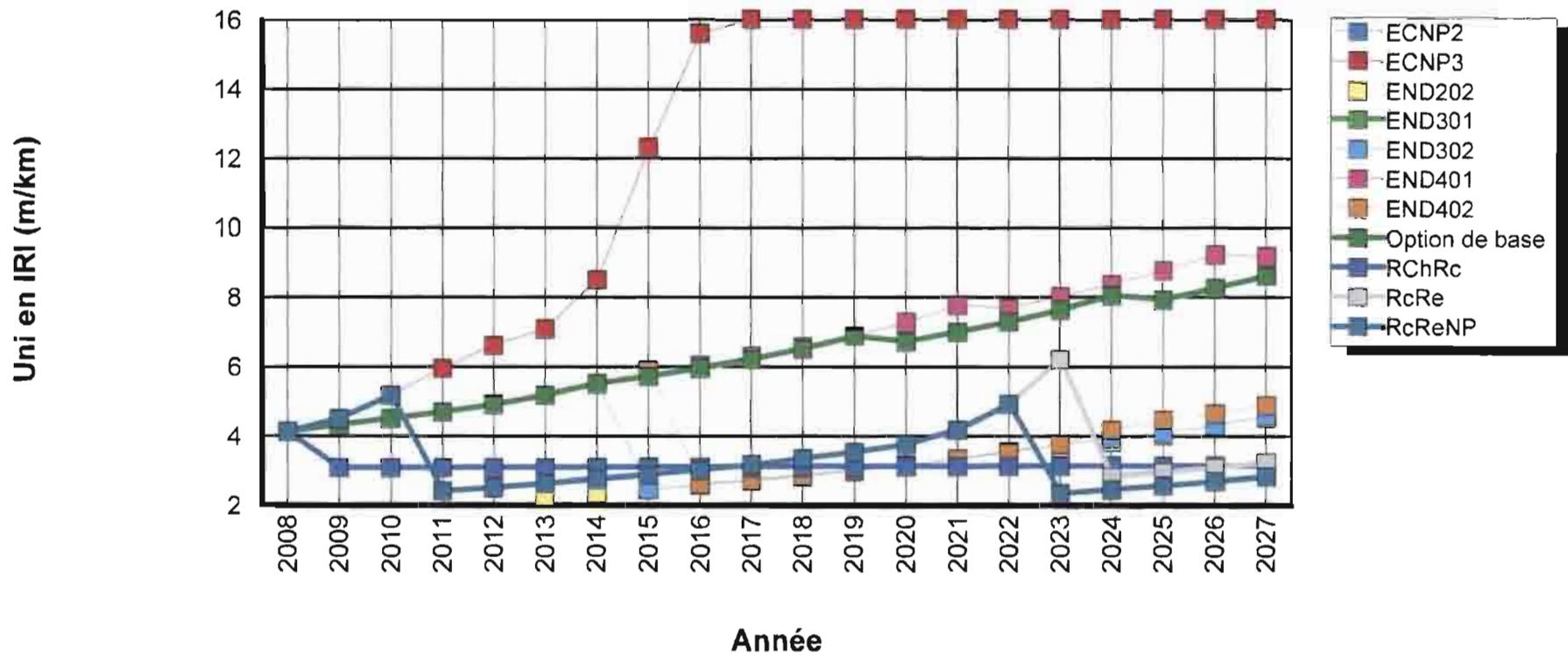
Détails de la section :

ID : 3 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Fort-dégradé-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



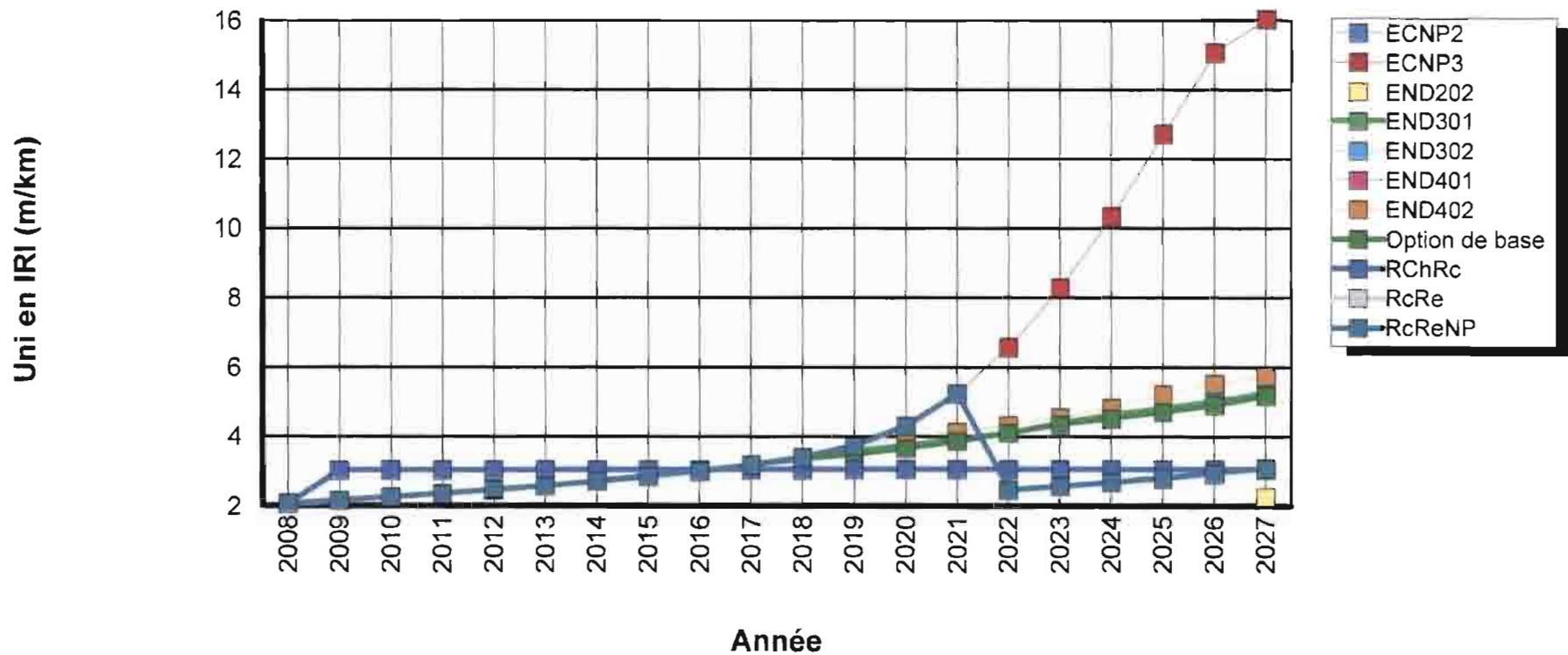
Détails de la section :

ID : 2	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Fort-moyen-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



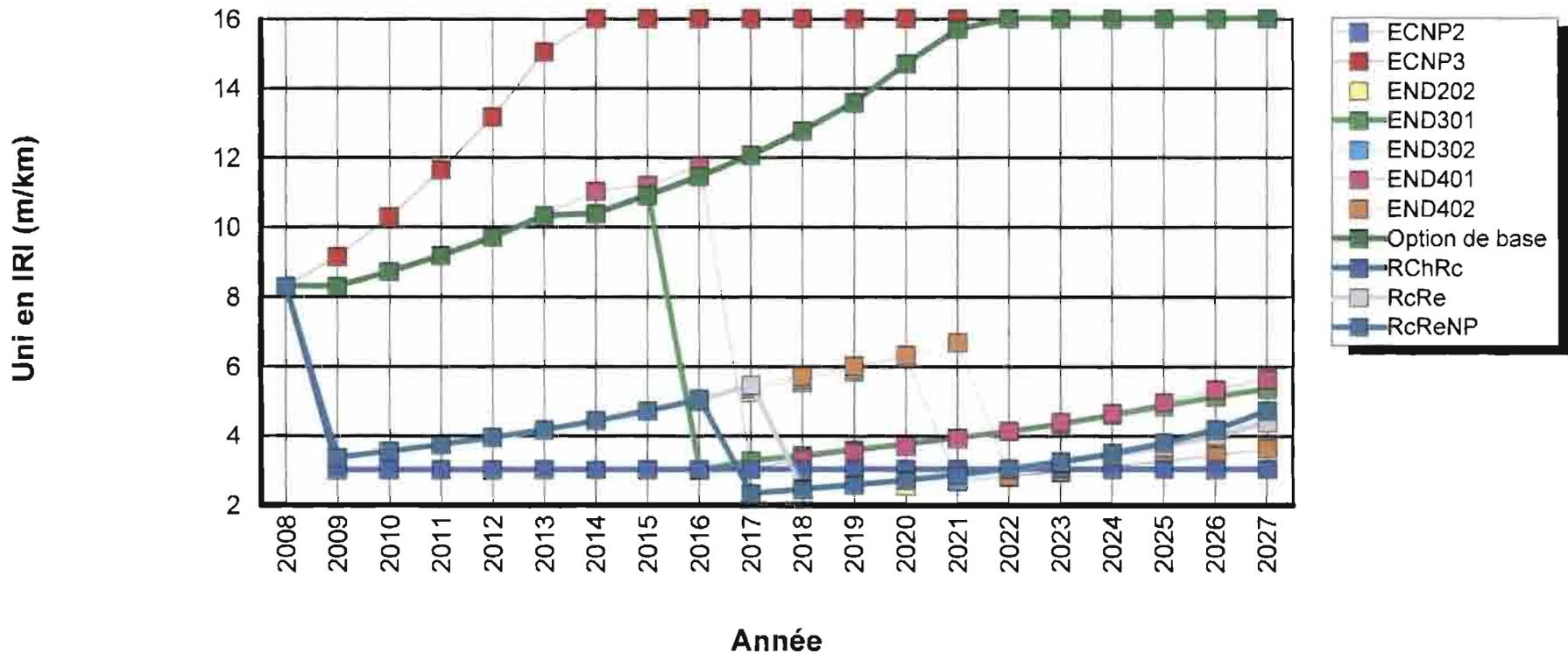
Détails de la section :

ID : 4	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Moyen-bon-revetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



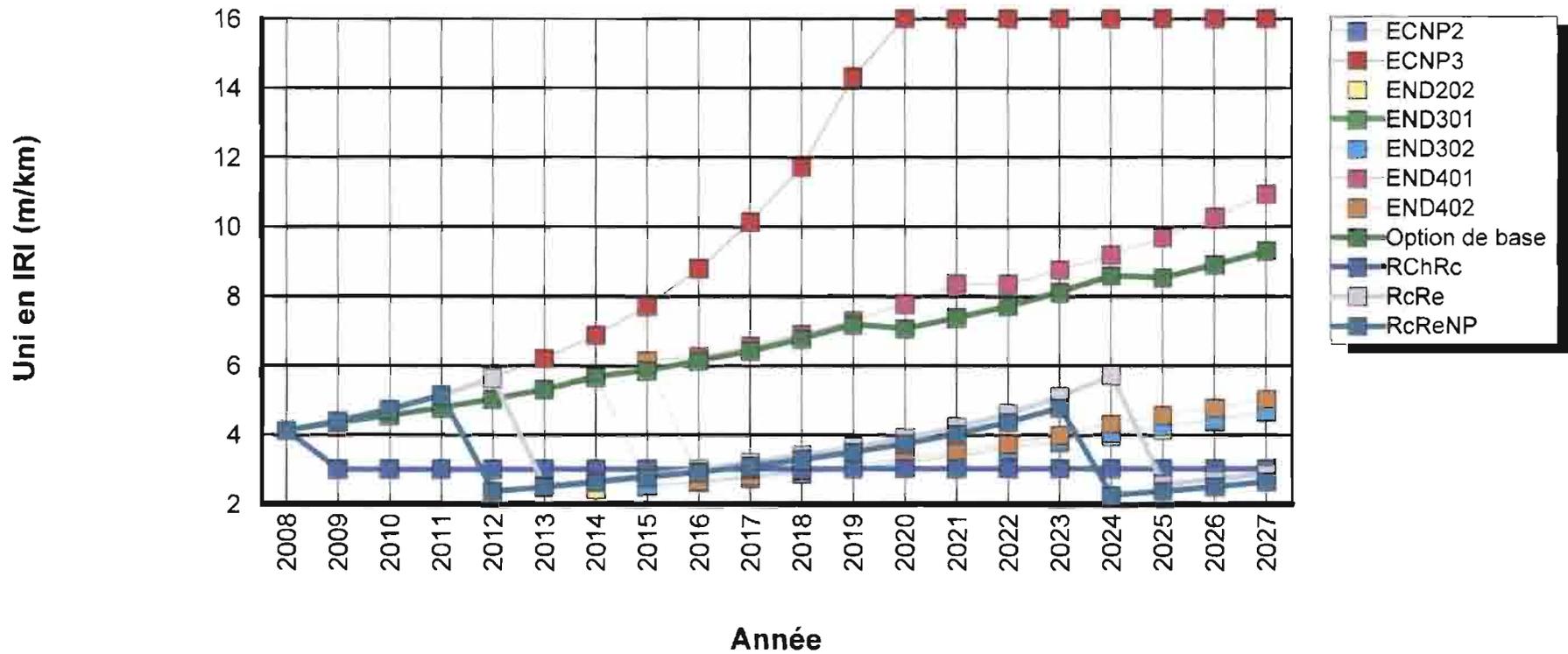
Détails de la section :

ID : 6 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Moyen-dégradé-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



Détails de la section :

ID : 5 Classe de route Primaire Dénivelé 1.00 m/km
 Description : Moyen-moyen-revetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



HDM - 4

DEVELOPPEMENT & GESTION DES ROUTES

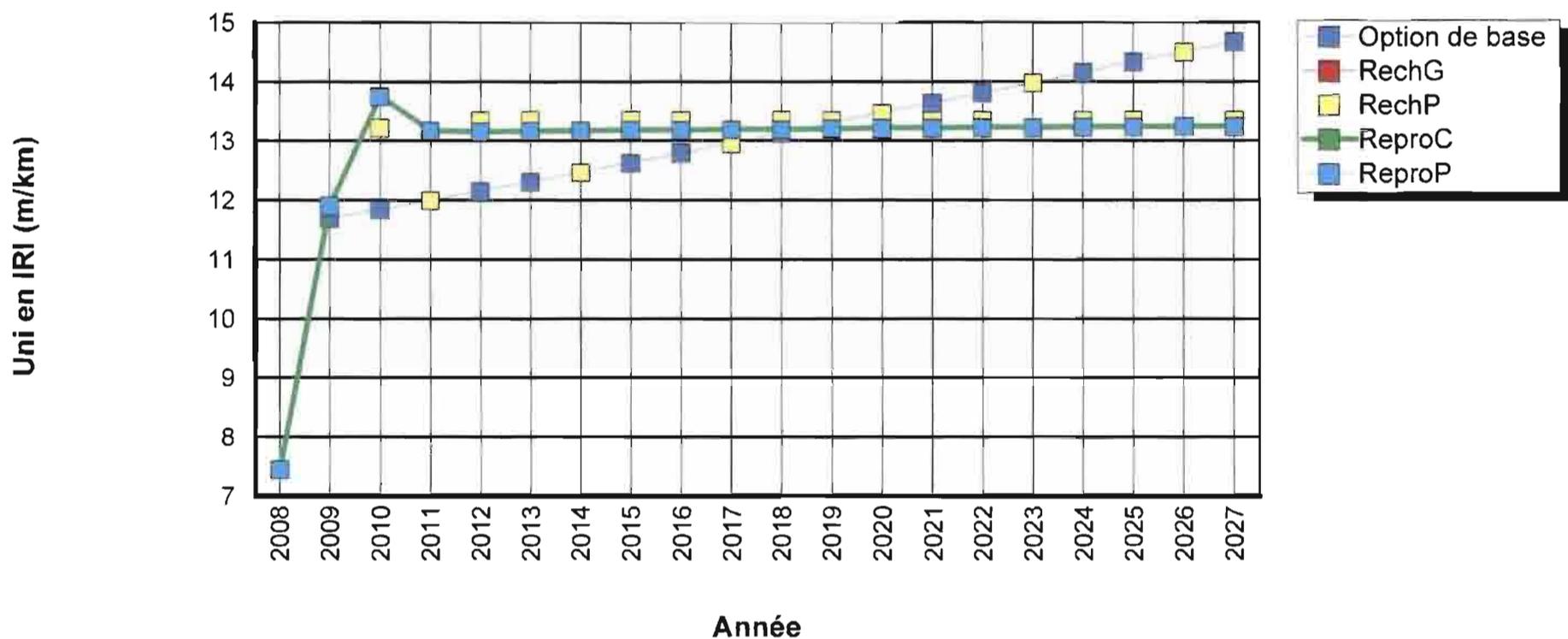
Uni - par section (G)

Titre de l'étude : PFE

Date du passage : 07-07-2008

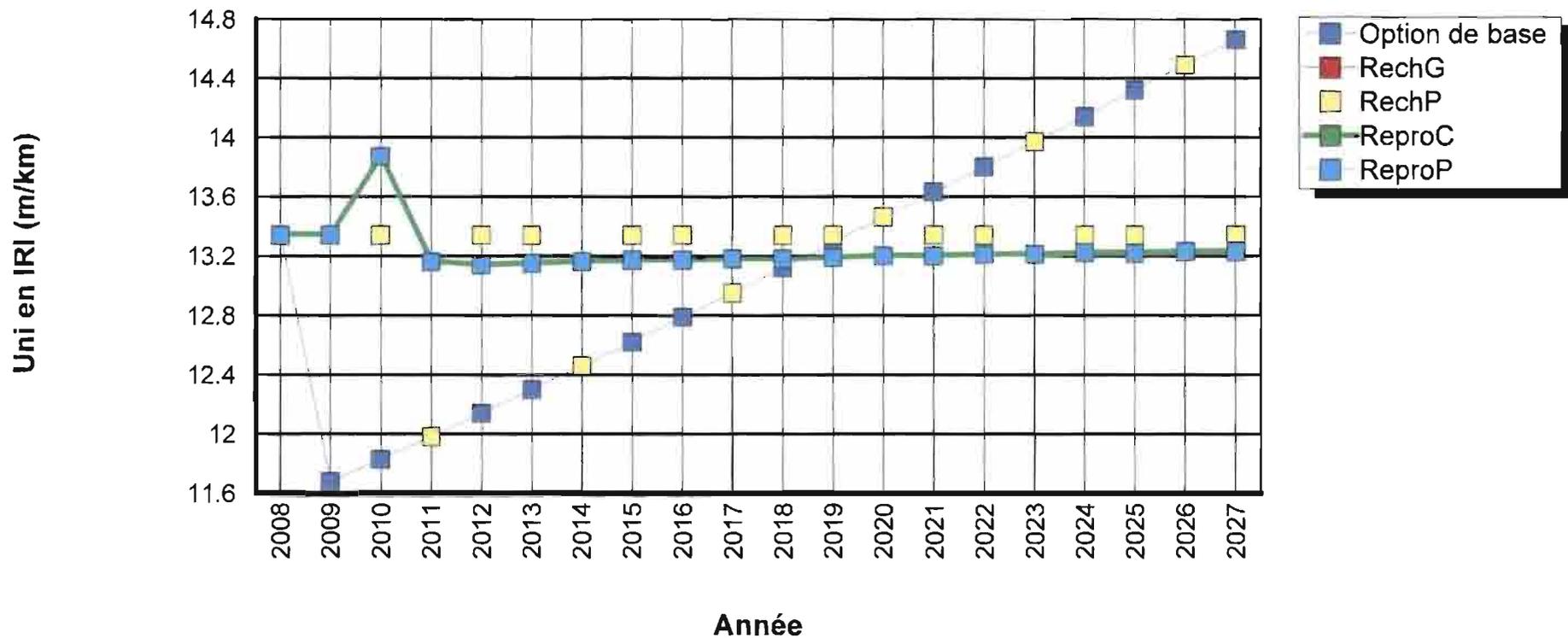
Détails de la section :

ID : 7	Classe de route Primaire	Dénivelé 1,00 m/km
Description : Faible-bon-nonrevetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



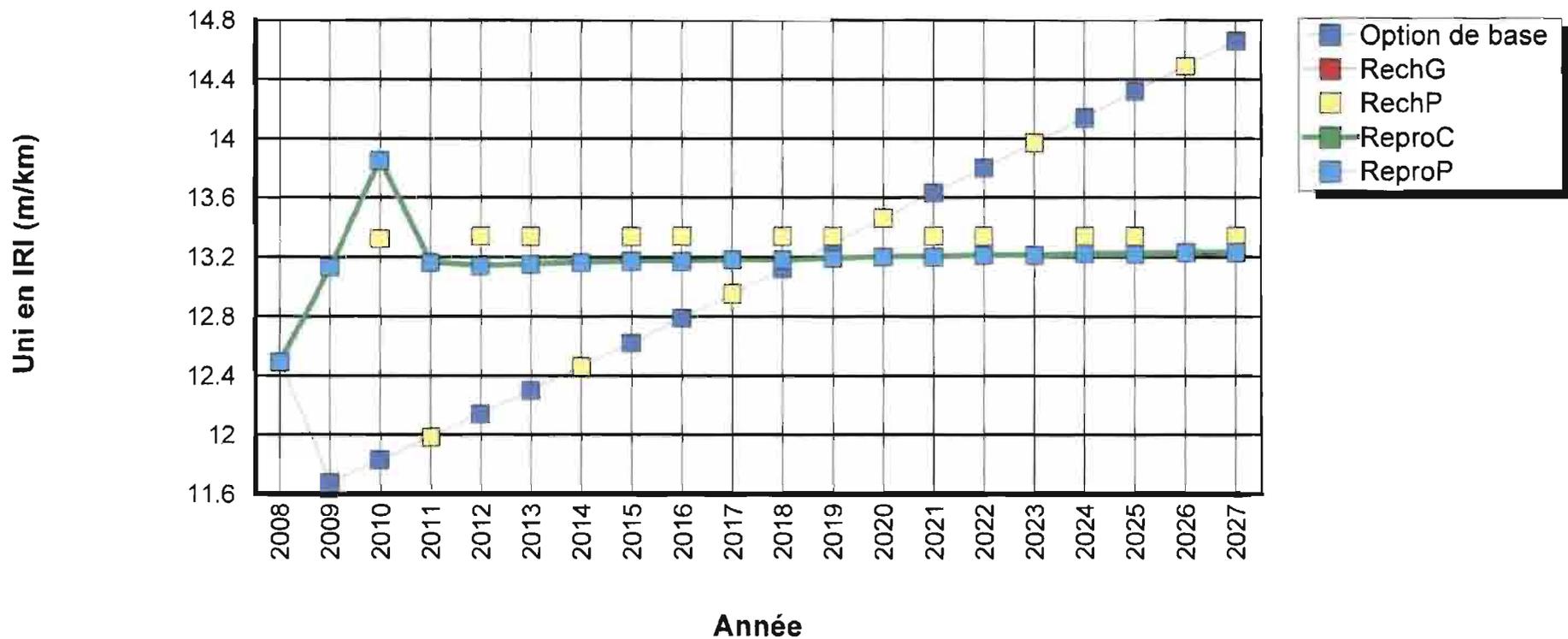
Détails de la section :

ID : 9 Classe de route Primaire Dénivelé : 1.00 m/km
 Description : Faible-dégradé-nonrevetue Longueur : 1.000 km Sinuosité : 3.00 deg/km
 Largeur : 7.00 m



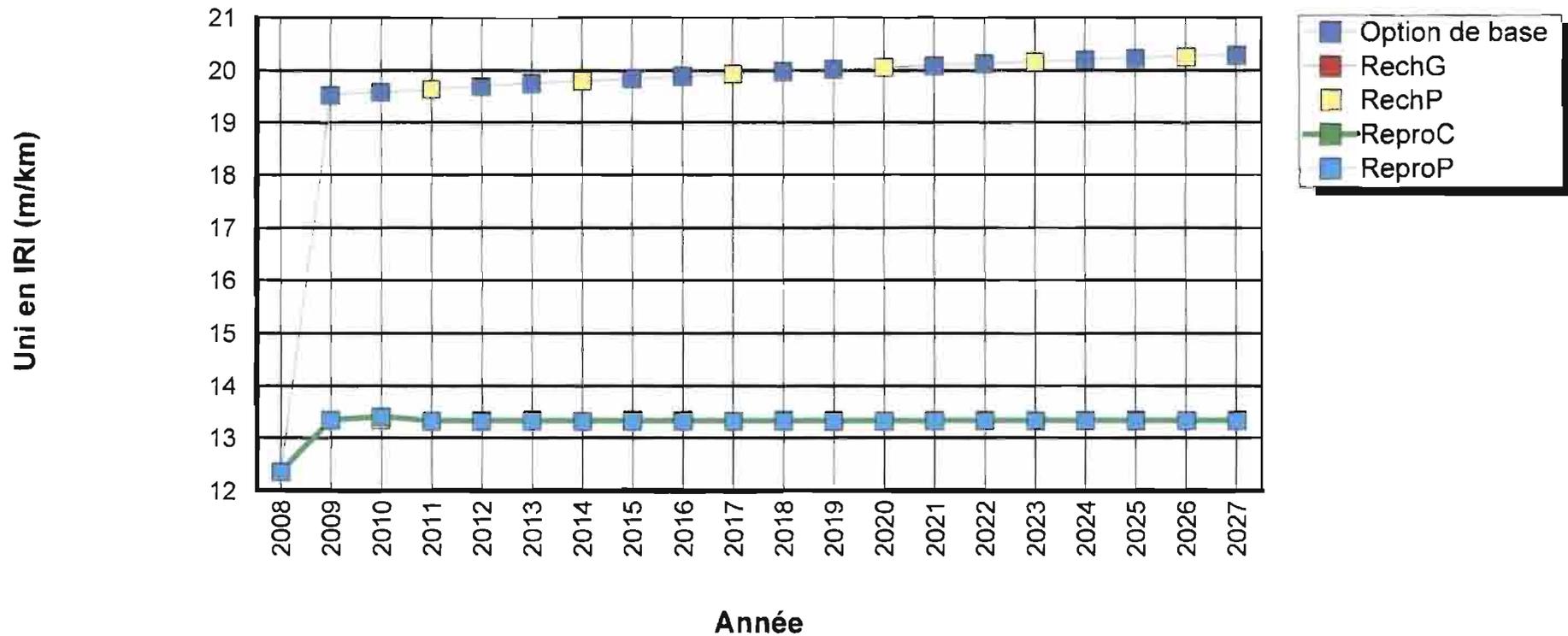
Détails de la section :

ID : 8	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Falble-moyen-nonrevetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



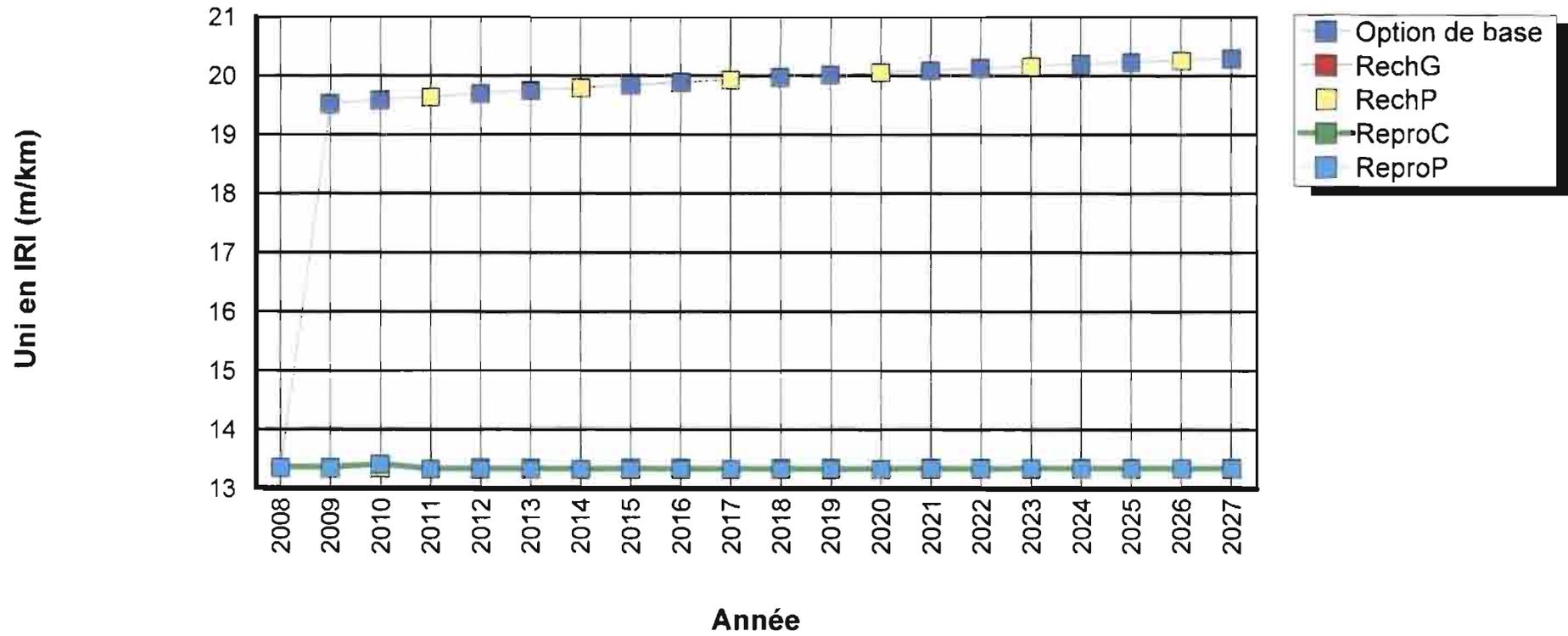
Détails de la section :

ID : 1	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Fort-bon-nonrevetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



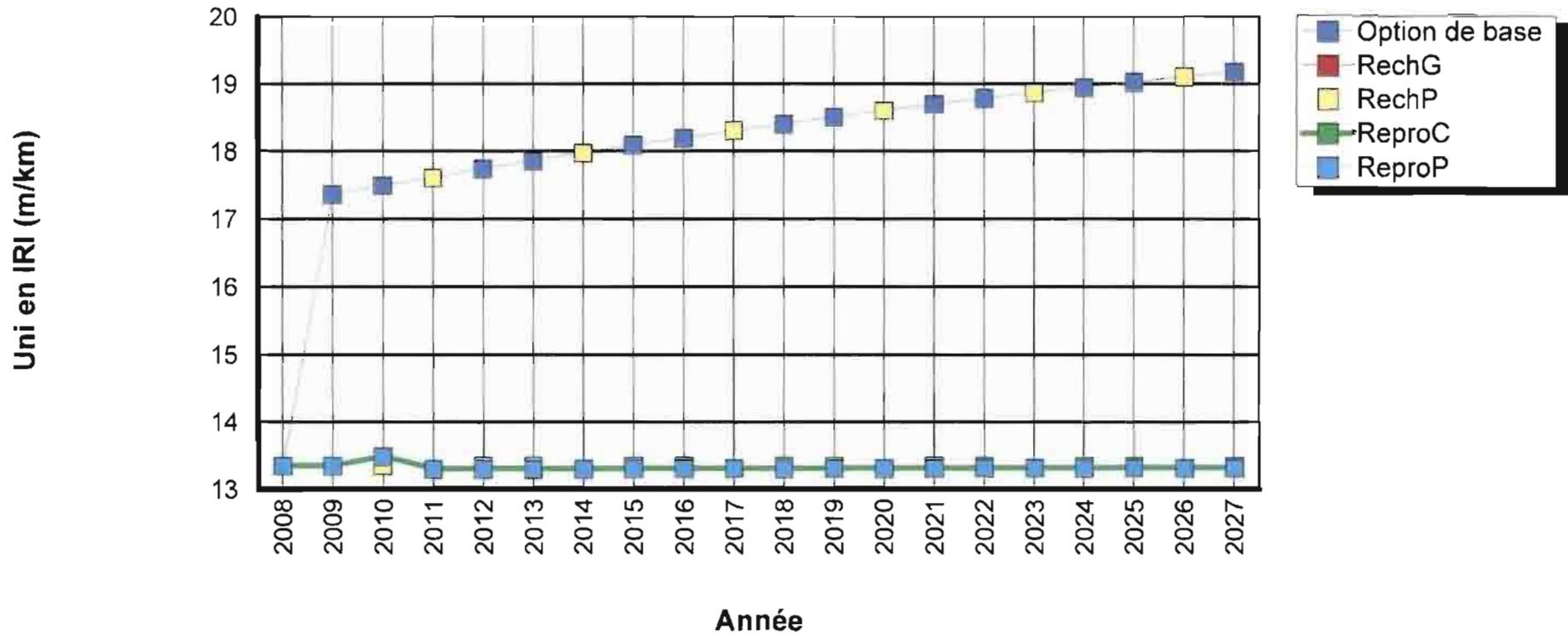
Détails de la section :

ID : 3	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Fort-dégradé-nonrevetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



Détails de la section :

ID : 6	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Moyen-dégradé-nonrevetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



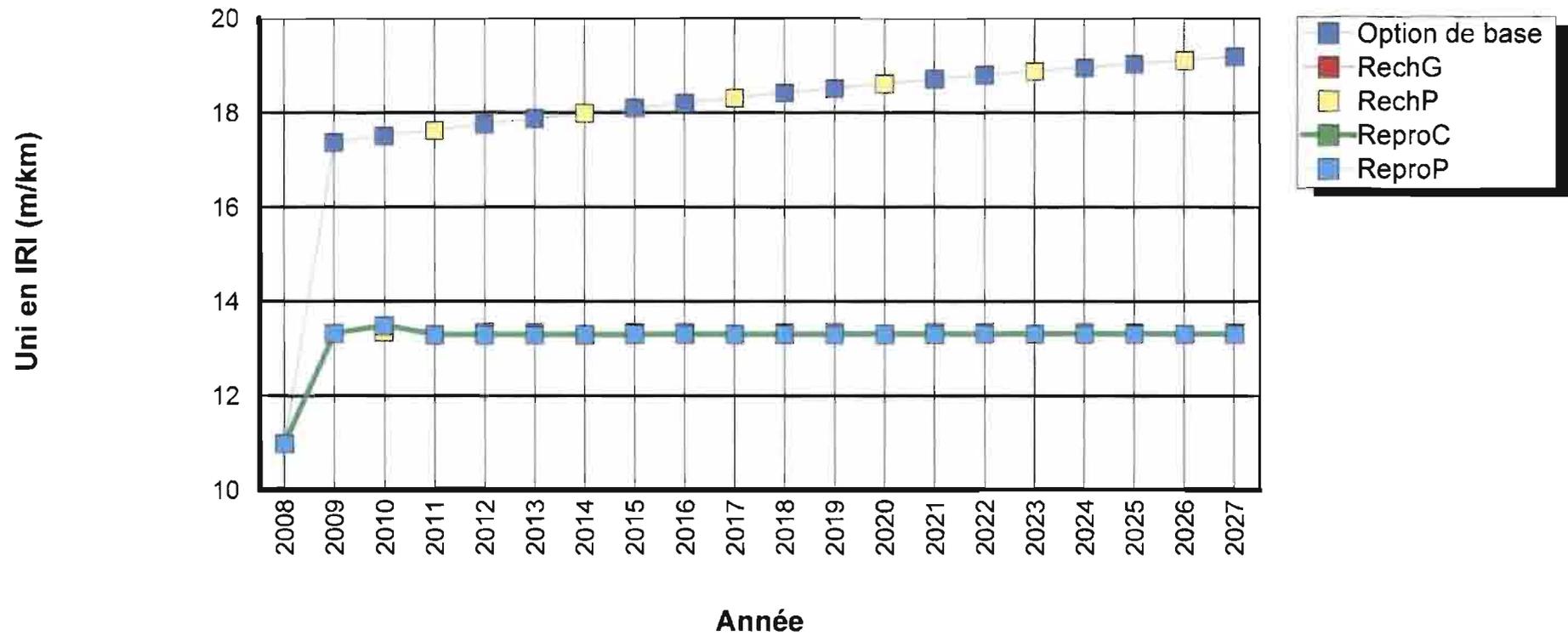
Détails de la section :

ID : 4
 Description : **Moyen-bon-nonrevetue**

Classe de route Primaire

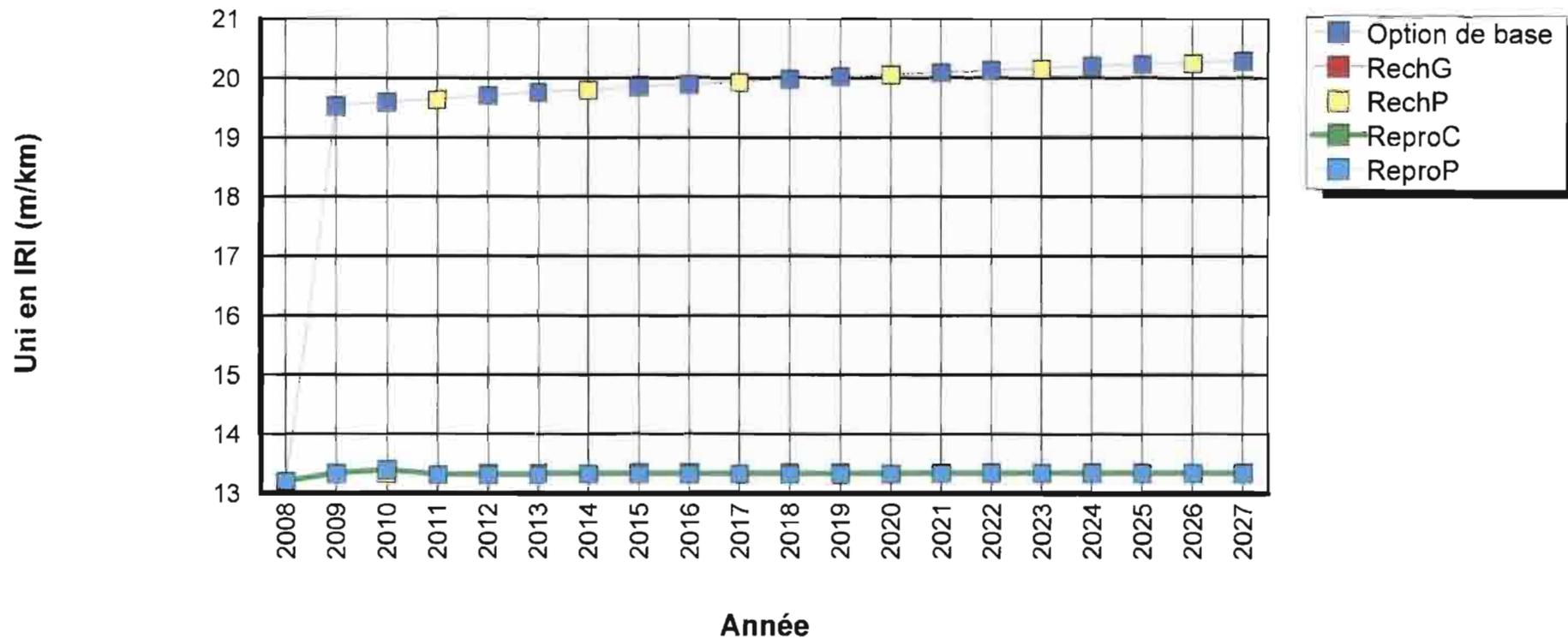
Longueur : 1.000 km
 Largeur : 7.00 m

Dénivelé 1.00 m/km
 Sinuosité : 3.00 deg/km



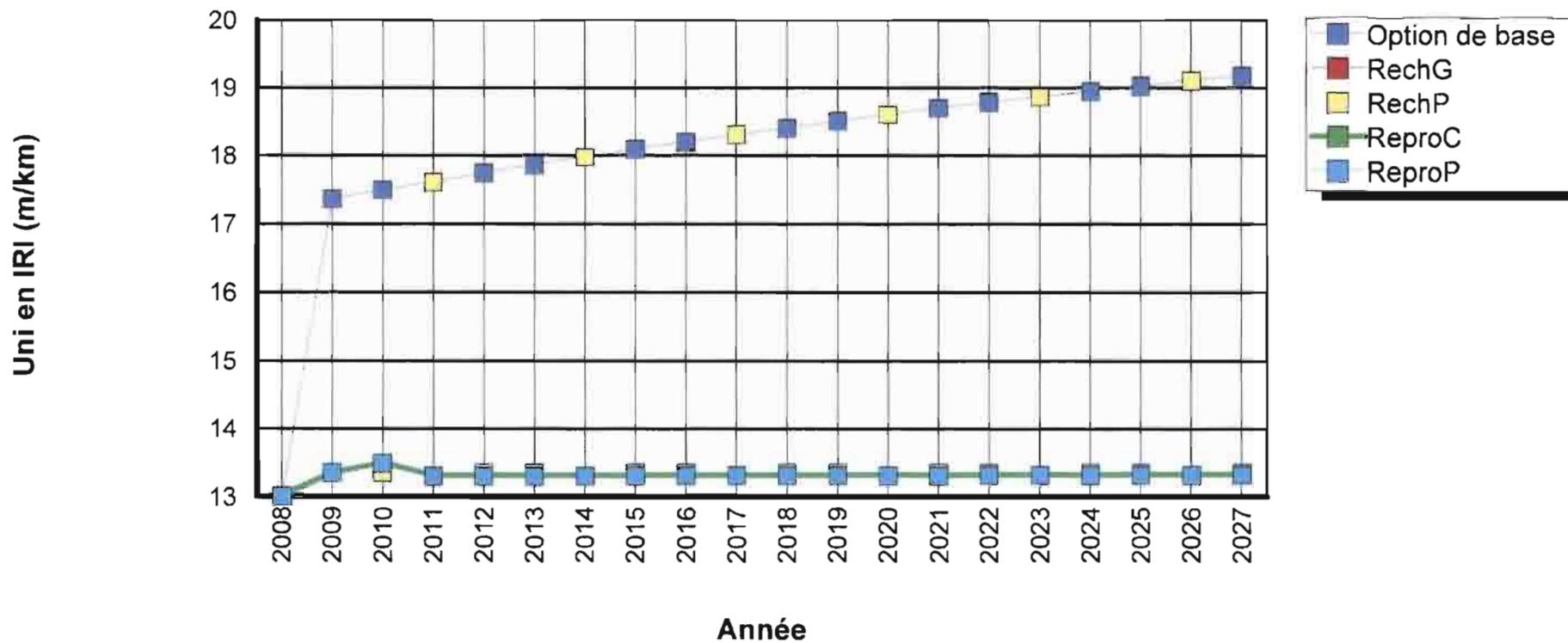
Détails de la section :

ID : 2	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Fort-moyen-nonrevetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



Détails de la section :

ID : 5	Classe de route Primaire	Dénivelé 1.00 m/km
Description : Moyen-moyen-nonrevetue	Longueur : 1.000 km	Sinuosité : 3.00 deg/km
	Largeur : 7.00 m	



ANNEXES B : Coûts Unitaires d'Entretien des Routes Revêtues et Tâches de l'Entretien Courant avec les différentes combinaisons

Détermination de stratégies d'entretien, de réhabilitation, de renforcement et d'aménagement de routes les mieux adaptées au réseau sénégalais en utilisant le modèle HDM-4

Nom de la combinaison	Travaux effectués	déclenchement
G1:1rep/an, emplois partiels	Reprofilage	tous les ans
	Emplois partiels	tous les ans
G2:2 rep/an, emplois partiels sys, rechargement	Rechargement à 30 mm	grave inf à 30 mm
	Reprofilage	tous les 180 j
G3:2 rep/an, emp. Partiels cond, rechargement	Emplois partiels	tous les ans
	Rechargement à 50 mm	grave inf à 50 mm
G4:2 rep/an, emp. Partiels sys	Reprofilage	tous les 180 j
	Emplois partiels	tous les ans
P2P3P4: Rout+rechargement 5cm	Rechargement 5 cm à 6 IRI	Uni sup à 6 IRI
	Rechargement 5cm si Fiss sup 15%	6IRI et fiss sup à 15%
	Réparations	S dégrad. Sup à 5%
	Scellement de fissures	fiss struct. Large sup à 10%
PROG1: Entretien courant(nids de poules inf 1)	Nids de poules	sup à 10nb/km
	Scellement de fissures	fiss struct. Large sup à 10%
PROG1: rép., enduit si dégrad.sup 30%	Reconstruction à 12 IRI	Uni sup à 12 IRI
	Rechargement à 5 IRI	Uni sup à 5 IRI
	Enduit	30% de S dégradé
	Réparations	S dégrad. Sup à 5%
	Scellement de fissures	fiss struct. Large sup à 10%
PROG2: Reprofilage, emp. Partiels, &Rech.	Rechargement	grave inf à 50 mm
	Reprofilage	tous les 180 j
	Emplois partiels	tous les ans
PROJ1: Entretien courant revêtu(réparation et scellement de fissures)	Réparations	S dégrad. Sup à 5%
	Scellement de fissures	fiss struct. Large sup à 10%
PROJ1: Entretien Route en grave (rechargement, reprofilage et emplois p.	Rechargement	grave inf à 50 mm
	Reprofilage	tous les 180 j
	Emplois partiels	grave inf 100 mm
PROJ2: Courant + Frais. 75+ Rech 100 (fraisage réparation et scellement de fissures)	Fraisage 75mm + Rech 100mm à 6IRI	Uni sup à 6 IRI
		fiss sup à 20%
	Réparations	S dégrad. Graves Sup à 5%
	Scellement de fissures	fiss struct. Large sup à 10%
PTG-RR BB3 : Entretien périodique 2	Entretien Courant	uni inf à 6IRI
	BB3 (entretien périodique)	uni sup à 6IRI
PROJ2 : Courant et Reconstruction (reconstruction, réparation, et scellement de fiss.)	Reconstruction à 12 IRI et dég sup 40%	Uni sup à 12IRI
	Réparations	S dégradé totale sup à 40%
	Scellement de fissures	S dégrad. Graves Sup à 5%
PROJ1 : Entretien courant revêtu (réparation et scellement)	Fiss. struct. Large sup à 10%	
	Réparations	S dégrad. Graves Sup à 5%
PROJ2 : Courant et fraisage partiel (fraisage, réparation et scellement de fissures)	Scellement de fissures	Fiss struct. Large sup à 10%
	Fraisage si ornière sup à 20mm	Ornière moy. sup à 20mm
	Réparations	S dégrad. Graves Sup à 5%
PROJ2 : Courant + ES + Rechargement 50 mm (rechargement enduit, réparation et scellement de fissures)	Scellement de fissures	Fiss struct. Large sup à 10%
	Rechargement 5cm si Fiss sup 15%	Fiss. totale sup à 15%
	Rechargement 5cm à 6IRI	uni sup à 6IRI
	Enduit si CFT inf à 0.4	Adhérence inf à 0.4CFT
PROJ2 : Courant + Fraisage 75 + Rechargement 100 mm (fraisage, réparation et scellement de fissures)	Réparations	S dégrad. Graves Sup à 5%
	Scellement de fissures	fiss struct. Large sup à 10%
	Fraisage 75mm + Rech 100mm à 6IRI	Uni sup à 6IRI
		Fiss. totale sup à 20%
Epauf 3 (réhabilitation)	Entretien Courant	Uni inf à 10IRI
	Epauf 3 (Reprise Epaufrement)	Uni sup à 16IRI
PAT + Bi (entretien périodique 3)	PAT + Bi	Uni sup à 6IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
PAT + EC1 (entretien courant)	PAT + EC1 (entretien courant)	Chaque an
PAT + EC2 (entretien courant)	PAT + EC2 (entretien courant)	Chaque an
PAT + EC3 (entretien courant)	PAT + EC3 (entretien courant)	Chaque an
PAT + EC4 (entretien courant)	PAT + EC4 (entretien courant)	Chaque an

Détermination de stratégies d'entretien, de réhabilitation, de renforcement et d'aménagement de routes les mieux adaptées au réseau sénégalais en utilisant le modèle HDM-4

PAT + mono (entretien périodique3)	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
	PAT + mono (entretien périodique3)	uni sup à 6IRI
Réhab1 (réhabilitation)	Réhab1 (Réhabilitation de chaussée)	Uni sup à 13IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
PTG: RR BB5 (entretien périodique 3)	Entretien Courant	uni inf à 6IRI
Ne rien faire	Rien	Rien
Réhab2 (option de base, réhabilitation)	Réhab2 (Réhabilitation de chaussée)	Uni sup à 13IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
Réhab3 (réhabilitation)	Réhab2 (Réhabilitation de chaussée)	Uni sup à 13IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
Réhab4 (réhabilitation)	Réhab2 (Réhabilitation de chaussée)	Uni sup à 13IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
Renfor1 (renforcement)	Renfor1 (Renforcement de chaussée)	Uni sup à 10IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
Renfor2 (renforcement)	Renfor2 (Renforcement de chaussée)	Uni sup à 10IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
Renfor3 (renforcement)	Renfor3 (Renforcement de chaussée)	Uni sup à 10IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
Renfor4 (renforcement)	Renfor4 (Renforcement de chaussée)	Uni sup à 10IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
Renfor5 (renforcement)	Renfor5 (Renforcement de chaussée)	Uni sup à 10IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
RenforVU	Renfor VU (Voie Urbaine)	Uni sup à 13IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
Reprof4 (réhabilitation 4)	Reprof4 (Reprofilage + Réhabilitation)	Uni sup à 13IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
Reprof5 (renforcement)	Reprof5 (renforcement)	Uni sup à 10IRI
	Entretien Courant	Uni inf à 6IRI
RTE3 : Rechargement, reconstruction, nids de poule	Reconstruction à 12,5IRI	Uni sup à 12,5IRI
	Rechargement 5cm à 5IRI	Fiss.totale sup 5%
	Nids de poules	Uni sup à 5 IRI
RTE4 : Enduit si dégradations sup 20%, rechargement et reconstruction	Nids de poules	NDP sup à 10nb/km
	Reconstruction à 10IRI	Uni sup à 10IRI
	Rechargement 5cm à 5IRI	Fiss.totale sup 5%
	Nids de poules	Uni sup à 5 IRI
RTF1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 50% et scellement de fissures)	Enduit si dégrad. Dup à 20%	NDP sup à 10nb/km
	Scellement de fissures	S dégrad. Totale sup 20%
	Nids de poules	Fiss. therm. Transv. Sup 15nb/km
RTF2 : Enduits si dégradations sup à 40%, reconstruction et nids de poule	Fiss. struct. Large sup à 10%	Fiss. therm. Transv. Sup 15nb/km
	Reconstruction à 12IRI	NDP sup à 50nb/km
	Enduit si dégrad. Dup à 40%	Uni sup à 12IRI
	Nids de poules	S dégrad. Totale sup 40%
RTF3 : Rechargement, reconstruction et nids de poule	Reconstruction à 12IRI	NDP sup à 50nb/km
	Rechargement 5cm à 6IRI	Chaque an
	Nids de poules	uni sup à 6IRI
	Rechargement 5cm à 6IRI	Fiss. Totale sup 5%
RTF4 : Enduit si dégradations sup 40%, rechargement reconstruction et nids de poule	Nids de poules	NDP sup à 50nb/km
	Rechargement 5cm à 6IRI	uni sup à 6IRI
	Reconstruction à 12IRI	Fiss. Totale sup 5%
	Enduit si dégrad. Sup 40%	Uni sup à 12IRI
	Nids de poules	S dégrad. Totale sup 40%
RTM1 : Entretien courant (nids de poule sup ou égal à 25% et scellement de fissures)	Nids de poules	NDP sup à 50nb/km
	Scellement de fissures	NDP sup à 25nb/km
	Reconstruction à 11IRI	Fiss. therm. Transv. Sup 15nb/km
	Nids de poules	Fiss. struct. Large sup à 10%
RTM2 : Enduits si dégradations sup à 30%, reconstruction, nids de poule	Reconstruction à 11IRI	Uni sup à 11IRI
	Nids de poules	NDP sup à 25nb/km
	Enduit si dégrad. Sup 30%	S dégrad. Totale sup 30%

Détermination de stratégies d'entretien, de réhabilitation, de renforcement et d'aménagement de routes les mieux adaptées au réseau sénégalais en utilisant le modèle HDM-4

RTM3 : Rechargement et reconstruction	Reconstruction à 11IRI	Uni sup à 11IRI
	Rechargement 5cm à 5,5IRI	Fiss.totale sup 5%
		Uni sup à 5,5IRI
Nids de poules	NDP sup à 25nb/km	
RTM4 : Enduit si dégradations sup 30%, rechargement et reconstruction	Reconstruction à 11IRI	Uni sup à 11IRI
	Rechargement 5cm à 5,5IRI	Fiss.totale sup 5%
		Uni sup à 5,5IRI
	Nids de poules	NDP sup à 25nb/km
	Enduit si dégrad. Sup à 30%	S dégrad. Totale sup 30%

Définition et Coût des travaux (actualisé Sept. 2007)

Tâches principales	Sous tâches	Code travaux HDM	Classe de trafic	Unité	PU	Coût au km	
						Largeur (m)	
						6	7
Monocouche	Imprégnation	EPMO		m²	1 200	7 200 000	8 400 000
	Enduit mono			m²	1 800	10 800 000	12 600 000
	Reprise accotement 2.5 %			m²	9 000	1 350 000	1 575 000
	Drainage			Ft/km	1 050 000	1 050 000	1 050 000
	Signalisation horizontale			Ft/km	1 500 000	1 500 000	1 500 000
	Signalisation verticale			Ft/km	1 000 000	1 000 000	1 000 000
	Coût moyen au km						22 900 000
Bicouche	Idem avec enduit bicouche	EPBI	< 3000	m²	3 500	33 100 000	38 025 000
Enrobés 4 cm	Idem avec enrobés	PBB3	> 3000	t	81 000	62 125 000	70 225 000
Enrobés 5 cm	Idem avec enrobés	PBB5	> 3000	t	81 000	74 275 000	84 400 000
Enrobés 7 cm	Idem avec enrobés	PBB7	> 3000	t	81 000	98 575 000	112 750 000
Renforcement 1		RB25	> 3000				
Couche de base en matériaux traités type GB revêtement enrobés	Purées			Ft/km	800 000	800 000	800 000
	Couche de base			t	45 000	101 250 000	118 125 000
	Rechargement accotement 2X2m			m²	9 000	7 920 000	7 920 000
	BB 7 cm			t	81 000	85 050 000	99 225 000
	Mono accotement			m²	1 800	7 200 000	7 200 000
	Drainage			Ft/km	1 050 000	1 050 000	1 050 000
	Réfection Ouvrages			Ft/km	800 000	800 000	800 000
	Signalisation horizontale			Ft/km	1 500 000	1 500 000	1 500 000
	Signalisation verticale			Ft/km	1 000 000	1 000 000	1 000 000
	Coût moyen au km						206 570 000
Renforcement 2		RC25	1000 / 3000				
Couche de base en matériaux concassés ou naturels traités revêtement enrobés	Idem +					20 270 000	20 270 000
	Imprégnation			m²	1 200	7 200 000	8 400 000
	BB 5cm			t	81 000	60 750 000	70 875 000
	Couche de base			m3	30 000	27 000 000	31 500 000
Coût moyen au km						115 220 000	131 045 000
Renforcement 3		RC15	500/1000				
Couche de base en matériaux naturels traités Revêtement bicouche	Idem + scarification					20 270 000	20 270 000
	Scarification			m²	500	3 000 000	3 500 000
	Imprégnation + bicouche			m²	4 700	28 200 000	32 900 000
	LATC			m3	20 000	18 000 000	21 000 000
Coût moyen au km						69 470 000	77 670 000
Renforcement 4		RL15. REH1	250 / 500				
Couche de base en matériaux naturels laite ou BC Revêtement bicouche	Scarification			m²	500	3 000 000	3 500 000
	Couche de base			m3	10 000	9 000 000	10 500 000
	Rechargement accotement 3 m			m²	9 000	5 400 000	5 400 000
	Imprégnation + BI			m²	4 700	28 200 000	32 900 000
	Drainage			Ft/km	1 050 000	1 050 000	1 050 000
	Réfection Ouvrages			Ft/km	800 000	800 000	800 000
	Signalisation horizontale			Ft/km	1 500 000	1 500 000	1 300 000
	Signalisation verticale			Ft/km	1 000 000	1 000 000	1 000 000
	Coût moyen au km						49 950 000
Renforcement 5		RL10	0 / 250				
Couche de base ponctuelle en matériaux naturels latérite ou BC	Scarification			m²	500	3 000 000	3 500 000
	10 LAT (moyen)			m3	11 000	6 600 000	7 700 000
	Rechargement accotement			m²	9 000	4 050 000	4 050 000
	Imprégnation + BI			m²	4 700	28 200 000	32 900 000
	Drainage			Ft/km	1 050 000	1 050 000	1 050 000
	Réfection Ouvrages			Ft/km	800 000	800 000	800 000
	Signalisation horizontale			Ft/km	1 500 000	1 500 000	1 000 000
	Signalisation verticale			Ft/km	1 000 000	1 000 000	1 000 000
	Coût moyen au km						46 200 000

Définition et Coût des travaux (actualisé Sept. 2007)

Tâches principales	Sous tâches	Code travaux HDM	Classe de trafic	Unité	PU	Coût au km	
						Largeur (m)	
						6	7
Réhabilitation 1	Renforcement 1	REH5	> 3000	Ft/km	3 000 000	206 570 000	237 620 000
	Terrassement			Ft/km	5 000 000	2 600 000	3 000 000
	Reconstruction ouvrages					4 300 000	5 000 000
	Divers 10%					21 347 000	24 562 000
Coût moyen au km						234 817 000	270 182 000
Réhabilitation 2	Renforcement 2	REH4	1000 / 3000	Ft/km	3 000 000	115 220 000	131 045 000
	Terrassement			Ft/km	5 000 000	2 600 000	3 000 000
	Reconstruction ouvrages					4 300 000	5 000 000
	Divers 10%					12 212 000	13 904 500
Coût moyen au km						134 332 000	152 949 500
Réhabilitation 3	Renforcement 3	REH3	500 / 1000	Ft/km	1 500 000	69 470 000	77 670 000
	Terrassement			Ft/km	4 000 000	1 000 000	1 500 000
	Reconstruction ouvrages					4 000 000	4 000 000
	Divers 10%					7 447 000	8 317 000
Coût moyen au km						81 917 000	91 487 000
Réhabilitation 4	Renforcement 4	REH2	< 500	Ft/km	500 000	49 950 000	56 450 000
	Terrassement			Ft/km	4 000 000	500 000	500 000
	Reconstruction ouvrages					4 000 000	4 000 000
	Divers 10%					5 445 000	6 095 000
Coût moyen au km						59 895 000	67 045 000
Réhabilitation 5	Réhabilitation de voie 1 à 3 Décaissement, assainissement bordures.etc très variable selon importance	REH6. RCVU	axes principaux secondaires tertiaires	Ft/km Ft/km Ft/km		300 000 000 200 000 000 100 000 000	300 000 000 200 000 000 100 000 000
Reprise d'écaufures							
N1 Ecauf 1	15cm + 1 m accotement En GB + BB En LAT + Bi					9 550 000 4 840 000	idem idem
N2 Ecauf 2	25 cm + 1,5 m accotement En LATC + Bi En LAT + Bi					8 475 000 7 500 000	idem idem
N3 Ecauf 3	Réhabilitation ou 1m + 1,5 m accot En LAT + Bi					14 100 000	

Entretien courant

L'entretien courant est calculé en dotation par km forfaitaire

		U	PU / km
EC1	Cantonnage, désherbage, curage fossés et buses, petites réparations des OA, surveillance du réseau, etc	km	650 000
EC2	Idem + signalisation verticale, peinture / 4 ans	km	900 000
EC3	Idem + surveillance accrue, signalisation horizontale / 2 ans	km	1 250 000
EC4 (VU)	bouchage nids de poule et entretien équipements	km	600 000

Niveau nids de poule

PAT	Enrobés à froid ou concassés + bicouche	U	PU	Niveau nids de poule		
				1 0.5% surface	2 2.5% surface	3 5% surface
		m²	15 000	450 000	2 250 000	4 500 000

ANNEXES C : Résultats des simulations (tableaux de synthèse économique)

Indicateurs économiques : synthèse

Titre de l'étude : PFE
 Date du passage : 20-07-2008
 Devise : Franc (millions)
 Taux d'actualisation : 10.00 %

Section : Faible-bon-nonrevetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
Option de base	4 477.60	4 477.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
RechG	66.61	66.61	-4 411.00	-11.07	0.00	4 399.93	66.060	66.060	is de solutio
RechP	46 334.25	46 334.25	41 856.65	-11.07	0.00	-41 867.72	-0.904	-0.904	-81.1 (2)
ReproC	0.00	0.00	-4 477.60	-21.81	0.00	4 455.79	zero cost	zero cost	is de solutio
ReproP	0.00	0.00	-4 477.60	-21.81	0.00	4 455.79	zero cost	zero cost	is de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Faible-dégradé-nonrevetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
Option de base	4 477.60	4 477.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
RechG	66.61	66.61	-4 411.00	-16.67	0.00	4 394.32	65.975	65.975	:s de solutio
RechP	46 334.25	46 334.25	41 856.65	-16.67	0.00	-41 873.33	-0.904	-0.904	-81.1 (2)
ReproC	0.00	0.00	-4 477.60	-27.44	0.00	4 450.16	zero cost	zero cost	:s de solutio
ReproP	0.00	0.00	-4 477.60	-27.44	0.00	4 450.16	zero cost	zero cost	:s de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Faible-moyen-nonrevenue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
Option de base	4 477.60	4 477.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
RechG	66.61	66.61	-4 411.00	-15.85	0.00	4 395.15	65.988	65.988	is de solutio
RechP	46 334.25	46 334.25	41 856.65	-15.85	0.00	-41 872.50	-0.904	-0.904	-81.1 (2)
ReproC	0.00	0.00	-4 477.60	-26.61	0.00	4 450.99	zero cost	zero cost	is de solutio
ReproP	0.00	0.00	-4 477.60	-26.61	0.00	4 450.99	zero cost	zero cost	is de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Fort-bon-nonrevetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
Option de base	4 214.21	4 214.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
RechG	62.69	62.69	-4 151.53	2 058.87	0.00	6 210.39	99.069	99.069	:s de solutior
RechP	43 608.71	43 608.71	39 394.50	2 058.87	0.00	-37 335.63	-0.856	-0.856	-71.9 (2)
ReproC	0.00	0.00	-4 214.21	2 882.99	0.00	7 097.20	zero cost	zero cost	:s de solutior
ReproP	0.00	0.00	-4 214.21	2 882.99	0.00	7 097.20	zero cost	zero cost	:s de solutior

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Fort-dégradé-nonrevenue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
Option de base	4 477.60	4 477.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
RechG	66.61	66.61	-4 411.00	2 058.87	0.00	6 469.86	97.137	97.137	is de solution
RechP	46 334.25	46 334.25	41 856.65	2 058.87	0.00	-39 797.79	-0.859	-0.859	-72.3 (2)
ReproC	0.00	0.00	-4 477.60	2 882.99	0.00	7 360.59	zero cost	zero cost	is de solution
ReproP	0.00	0.00	-4 477.60	2 882.99	0.00	7 360.59	zero cost	zero cost	is de solution

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Fort-moyen-nonrevenue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
Option de base	4 477.60	4 477.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
RechG	66.61	66.61	-4 411.00	2 058.87	0.00	6 469.86	97.137	97.137	is de solutior
RechP	46 334.25	46 334.25	41 856.65	2 058.87	0.00	-39 797.78	-0.859	-0.859	-72.3 (2)
ReproC	0.00	0.00	-4 477.60	2 882.99	0.00	7 360.59	zero cost	zero cost	is de solutior
ReproP	0.00	0.00	-4 477.60	2 882.99	0.00	7 360.59	zero cost	zero cost	is de solutior

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Moyen-bon-nonrevenue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
Option de base	4 477.60	4 477.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
RechG	66.61	66.61	-4 411.00	585.54	0.00	4 996.53	75.017	75.017	is de solutio
RechP	46 334.25	46 334.25	41 856.65	585.54	0.00	-41 271.12	-0.891	-0.891	-78.1 (2)
ReproC	0.00	0.00	-4 477.60	815.50	0.00	5 293.10	zero cost	zero cost	is de solutio
ReproP	0.00	0.00	-4 477.60	815.50	0.00	5 293.10	zero cost	zero cost	is de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Moyen-dégradé-nonrevenue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
Option de base	4 477.60	4 477.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
RechG	66.61	66.61	-4 411.00	585.18	0.00	4 996.18	75.012	75.012	is de solutioir
RechP	46 334.25	46 334.25	41 856.65	585.18	0.00	-41 271.47	-0.891	-0.891	-78.1 (2)
ReproC	0.00	0.00	-4 477.60	815.15	0.00	5 292.75	zero cost	zero cost	is de solutioir
ReproP	0.00	0.00	-4 477.60	815.15	0.00	5 292.75	zero cost	zero cost	is de solutioir

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Moyen-moyen-nonrevetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
Option de base	4 477.60	4 477.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
RechG	66.61	66.61	-4 411.00	585.23	0.00	4 996.23	75.012	75.012	is de solutio
RechP	46 334.25	46 334.25	41 856.65	585.23	0.00	-41 271.42	-0.891	-0.891	-78.1 (2)
ReproC	0.00	0.00	-4 477.60	815.20	0.00	5 292.80	zero cost	zero cost	is de solutio
ReproP	0.00	0.00	-4 477.60	815.20	0.00	5 292.80	zero cost	zero cost	is de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Indicateurs économiques : synthèse

Titre de l'étude : PFE
 Date du passage : 20-07-2008
 Devise : Franc (millions)
 Taux d'actualisation : 10.00 %

Section : Faible-bon-revetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
1	9.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
2	0.08	0.00	-8.92	-1.70	0.00	7.22	85.540	zero cost	is de solutior
3	21.22	21.11	12.21	0.22	0.00	-12.00	-0.565	-0.568	-34.9 (2)
4	9.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutior
5	9.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutior
6	486 184.85	486 184.78	486 175.77	7.27	0.00	-486 168.50	-1.000	-1.000	is de solutior
7	486 184.85	486 184.78	486 175.77	7.27	0.00	-486 168.50	-1.000	-1.000	is de solutior
8	9.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutior
9	9.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutior
10	9.07	9.07	0.06	8.10	0.00	8.04	0.886	0.886	19.7 (1)
11	9.07	9.07	0.06	8.10	0.00	8.04	0.886	0.886	19.7 (1)
12	9.07	9.07	0.06	4.13	0.00	4.06	0.448	0.448	14.5 (1)
13	9.07	9.07	0.06	8.10	0.00	8.04	0.886	0.886	19.7 (1)
14	9.54	9.54	0.53	4.13	0.00	3.59	0.377	0.377	13.9 (1)
15	9.07	9.07	0.06	8.10	0.00	8.04	0.886	0.886	19.7 (1)
16	9.07	9.07	0.06	4.13	0.00	4.06	0.448	0.448	14.5 (1)
18	9.07	9.07	0.06	4.13	0.00	4.06	0.448	0.448	14.5 (1)
19	15.16	15.16	6.15	8.10	0.00	1.95	0.129	0.129	11.9 (1)
20	9.07	9.07	0.06	8.10	0.00	8.04	0.886	0.886	19.7 (1)
21	9.07	9.07	0.06	8.10	0.00	8.04	0.886	0.886	19.7 (1)
22	9.07	9.07	0.06	4.13	0.00	4.06	0.448	0.448	14.5 (1)
23	9.07	9.07	0.06	4.13	0.00	4.06	0.448	0.448	14.5 (1)

H D M - 4 Indicateurs économiques : synthèse

24	9.07	9.07	0.06	8.10	0.00	8.04	0.886	0.886	19.7 (1)
25	9.07	9.07	0.06	4.13	0.00	4.06	0.448	0.448	14.5 (1)
26	9.07	9.07	0.06	4.13	0.00	4.06	0.448	0.448	14.5 (1)
27	0.08	0.00	-8.92	-1.70	0.00	7.22	85.540	zero cost	.s de solutio
28	26.38	25.14	17.37	2.35	0.00	-15.02	-0.569	-0.597	-34.4 (2)
29	36.45	36.42	27.44	0.41	0.00	-27.04	-0.742	-0.742	.s de solutio
30	0.08	0.00	-8.92	-1.75	0.00	7.17	85.357	zero cost	.s de solutio
31	15.95	15.35	6.95	-0.51	0.00	-7.46	-0.468	-0.486	-50.2 (2)
32	0.08	0.00	-8.92	-1.70	0.00	7.22	85.540	zero cost	.s de solutio
33	17.61	17.50	8.60	-0.01	0.00	-8.61	-0.489	-0.492	-21.0 (2)
35	24.06	22.85	15.05	1.34	0.00	-13.72	-0.570	-0.600	-47.3 (2)

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Faible-dégradé-revetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
1	80 160.61	80 155.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
2	0.42	0.00	-80 160.20	-164.92	0.00	79 995.29	192 281.507	zero cost	is de solutioir
3	151.86	151.74	-80 008.75	8.76	0.00	80 017.51	526.929	527.324	is de solutioir
4	0.73	0.00	-80 159.88	-164.92	0.00	79 994.96	108 959.089	zero cost	is de solutioir
5	271.63	265.30	-79 888.99	15.11	0.00	79 904.10	294.161	301.184	is de solutioir
6	665 593.38	665 588.07	585 432.83	2.44	0.00	-585 430.38	-0.880	-0.880	-21.1 (2)
7	665 593.38	665 588.07	585 432.83	2.44	0.00	-585 430.38	-0.880	-0.880	-21.1 (2)
8	48.11	35.00	-80 112.51	-148.05	0.00	79 964.46	1 662.268	2 284.699	is de solutioir
9	131.27	130.62	-80 029.34	-35.59	0.00	79 993.76	609.395	612.406	is de solutioir
10	8.10	8.10	-80 152.53	24.15	0.00	80 176.68	9 895.339	9 895.339	is de solutioir
11	8.10	8.10	-80 152.53	24.15	0.00	80 176.68	9 895.339	9 895.339	is de solutioir
12	9.07	9.07	-80 151.56	20.18	0.00	80 171.74	8 838.155	8 838.155	is de solutioir
13	43.10	43.10	-80 117.52	23.82	0.00	80 141.34	1 859.322	1 859.322	is de solutioir
14	9.54	9.54	-80 151.08	20.18	0.00	80 171.25	8 404.236	8 404.236	is de solutioir
15	9.07	9.07	-80 151.56	24.15	0.00	80 175.71	8 838.594	8 838.594	is de solutioir
16	31.10	31.10	-80 129.52	20.18	0.00	80 149.70	2 576.956	2 576.956	is de solutioir
18	9.07	9.07	-80 151.56	20.18	0.00	80 171.74	8 838.155	8 838.155	is de solutioir
19	15.16	15.16	-80 145.47	24.15	0.00	80 169.62	5 288.813	5 288.813	is de solutioir
20	123.47	123.47	-80 037.16	-37.17	0.00	79 999.99	647.953	647.953	is de solutioir
21	72.15	72.15	-80 088.47	-37.17	0.00	80 051.30	1 109.513	1 109.513	is de solutioir
22	44.95	44.95	-80 115.67	-39.17	0.00	80 076.50	1 781.355	1 781.355	is de solutioir
23	34.18	34.18	-80 126.45	-39.17	0.00	80 087.28	2 343.359	2 343.359	is de solutioir
24	27.09	27.09	-80 133.53	-37.17	0.00	80 096.36	2 956.163	2 956.163	is de solutioir
25	29.02	29.02	-80 131.60	-39.17	0.00	80 092.44	2 759.996	2 759.996	is de solutioir
26	40.40	40.40	-80 120.23	2.76	0.00	80 122.99	1 983.028	1 983.028	is de solutioir
27	0.42	0.00	-80 160.20	-164.92	0.00	79 995.29	192 281.507	zero cost	is de solutioir
28	155.06	149.53	-80 005.56	12.84	0.00	80 018.40	516.061	535.132	is de solutioir
29	161.09	156.17	-79 999.52	11.24	0.00	80 010.75	496.673	512.330	is de solutioir
30	0.42	0.00	-80 160.20	-165.94	0.00	79 994.26	192 483.224	zero cost	is de solutioir

H D M - 4 Indicateurs économiques : synthèse

31	48.95	43.81	-80 111.66	-126.97	0.00	79 984.69	1 633.848	1 825.915	is de solutio
32	0.42	0.00	-80 160.20	-164.92	0.00	79 995.29	192 281.507	zero cost	is de solutio
33	169.06	164.13	-79 991.55	-29.88	0.00	79 961.68	472.989	487.176	is de solutio
35	151.52	145.48	-80 009.09	11.32	0.00	80 020.41	528.123	550.036	is de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Faible-moyen-revetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
1	39 520.83	39 513.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
2	0.33	0.00	-39 520.51	-41.25	0.00	39 479.27	120 220.792	zero cost	is de solutioir
3	100.75	100.56	-39 420.08	3.81	0.00	39 423.89	391.289	392.025	254.7 (3)
4	21.48	0.00	-39 499.35	-34.91	0.00	39 464.45	1 837.081	zero cost	is de solutioir
5	126.53	118.54	-39 394.30	0.47	0.00	39 394.78	311.344	332.335	is de solutioir
6	327.96	327.77	-39 192.88	-10.21	0.00	39 182.66	119.474	119.542	234.4 (2)
7	327.96	327.77	-39 192.88	-10.21	0.00	39 182.66	119.474	119.542	234.4 (2)
8	21.48	0.00	-39 499.35	-34.91	0.00	39 464.45	1 837.081	zero cost	is de solutioir
9	65.98	45.78	-39 454.86	-34.91	0.00	39 419.95	597.418	861.032	is de solutioir
10	9.07	9.07	-39 511.77	16.76	0.00	39 528.53	4 357.636	4 357.636	566.4 (1)
11	9.07	9.07	-39 511.77	16.76	0.00	39 528.53	4 357.636	4 357.636	566.4 (1)
12	9.07	9.07	-39 511.77	12.78	0.00	39 524.55	4 357.198	4 357.198	557.9 (1)
13	9.07	9.07	-39 511.77	16.76	0.00	39 528.53	4 357.636	4 357.636	566.4 (1)
14	9.54	9.54	-39 511.30	12.78	0.00	39 524.08	4 143.252	4 143.252	550.9 (1)
15	9.07	9.07	-39 511.77	16.76	0.00	39 528.53	4 357.636	4 357.636	566.4 (1)
16	9.07	9.07	-39 511.77	12.78	0.00	39 524.55	4 357.198	4 357.198	557.9 (1)
18	9.07	9.07	-39 511.77	12.78	0.00	39 524.55	4 357.198	4 357.198	557.9 (1)
19	15.16	15.16	-39 505.68	16.76	0.00	39 522.43	2 607.306	2 607.306	496.5 (1)
20	9.07	9.07	-39 511.77	16.76	0.00	39 528.53	4 357.636	4 357.636	566.4 (1)
21	9.07	9.07	-39 511.77	16.76	0.00	39 528.53	4 357.636	4 357.636	566.4 (1)
22	9.07	9.07	-39 511.77	12.78	0.00	39 524.55	4 357.198	4 357.198	557.9 (1)
23	9.07	9.07	-39 511.77	12.78	0.00	39 524.55	4 357.198	4 357.198	557.9 (1)
24	9.07	9.07	-39 511.77	16.76	0.00	39 528.53	4 357.636	4 357.636	566.4 (1)
25	9.07	9.07	-39 511.77	12.78	0.00	39 524.55	4 357.198	4 357.198	557.9 (1)
26	9.07	9.07	-39 511.77	12.78	0.00	39 524.55	4 357.198	4 357.198	557.9 (1)
27	0.33	0.00	-39 520.51	-41.25	0.00	39 479.27	120 220.792	zero cost	is de solutioir
28	98.73	97.77	-39 422.10	6.09	0.00	39 428.19	399.339	403.262	774.7 (2)
29	93.01	92.81	-39 427.83	3.47	0.00	39 431.29	423.927	424.863	268.1 (1)
30	0.33	0.00	-39 520.51	-41.62	0.00	39 478.89	120 749.004	zero cost	is de solutioir

H D M - 4 Indicateurs économiques : synthèse

31	44.45	44.03	-39 476.38	-17.86	0.00	39 458.53	887.616	896.128	377.8 (2)
32	0.33	0.00	-39 520.51	-41.21	0.00	39 479.31	120 232.284	zero cost	:s de solutio
33	54.14	53.75	-39 466.69	-16.17	0.00	39 450.52	728.676	733.949	268.1 (2)
35	89.85	88.88	-39 430.98	2.84	0.00	39 433.82	438.888	443.651	:s de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Fort-bon-revetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
1	8.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
2	0.51	0.00	-8.32	-147.33	0.00	-139.02	-270.195	zero cost	is de solutioir
3	23.12	21.11	14.29	3.56	0.00	-10.73	-0.464	-0.508	-14.7 (2)
4	8.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutioir
5	8.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutioir
6	486 186.29	486 184.78	486 177.44	59.75	0.00	-486 117.69	-1.000	-1.000	is de solutioir
7	486 186.29	486 184.78	486 177.44	59.75	0.00	-486 117.69	-1.000	-1.000	is de solutioir
8	8.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutioir
9	8.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutioir
10	9.07	9.07	0.24	63.15	0.00	62.91	6.936	6.936	40.2 (1)
11	9.07	9.07	0.24	63.15	0.00	62.91	6.936	6.936	40.2 (1)
12	9.07	9.07	0.24	24.82	0.00	24.58	2.709	2.709	16.9 (1)
13	9.07	9.07	0.24	63.15	0.00	62.91	6.936	6.936	40.2 (1)
14	9.54	9.54	0.71	24.82	0.00	24.11	2.527	2.527	16.7 (1)
15	9.07	9.07	0.24	63.15	0.00	62.91	6.936	6.936	40.2 (1)
16	9.07	9.07	0.24	24.82	0.00	24.58	2.709	2.709	16.9 (1)
18	9.07	9.07	0.24	24.82	0.00	24.58	2.709	2.709	16.9 (1)
19	15.16	15.16	6.33	63.15	0.00	56.83	3.749	3.749	31.8 (1)
20	9.07	9.07	0.24	63.15	0.00	62.91	6.936	6.936	40.2 (1)
21	9.07	9.07	0.24	63.15	0.00	62.91	6.936	6.936	40.2 (1)
22	9.07	9.07	0.24	24.82	0.00	24.58	2.709	2.709	16.9 (1)
23	9.07	9.07	0.24	24.82	0.00	24.58	2.709	2.709	16.9 (1)
24	9.07	9.07	0.24	63.15	0.00	62.91	6.936	6.936	40.2 (1)
25	9.07	9.07	0.24	24.82	0.00	24.58	2.709	2.709	16.9 (1)
26	9.07	9.07	0.24	24.82	0.00	24.58	2.709	2.709	16.9 (1)
27	0.51	0.00	-8.32	-147.33	0.00	-139.02	-270.195	zero cost	is de solutioir
28	30.01	27.65	21.18	18.48	0.00	-2.70	-0.090	-0.098	7.7 (2)
29	26.48	23.83	17.65	5.03	0.00	-12.62	-0.477	-0.530	is de solutioir
30	0.51	0.00	-8.32	-147.33	0.00	-139.02	-270.195	zero cost	is de solutioir

HDM-4 Indicateurs économiques : synthèse

31	17.89	15.35	9.06	-7.62	0.00	-16.68	-0.932	-1.086	-72.3 (2)
32	0.51	0.00	-8.32	-147.33	0.00	-139.02	-270.195	zero cost	is de solutor
33	19.37	17.50	10.54	1.37	0.00	-9.17	-0.474	-0.524	-11.4 (2)
35	30.01	27.65	21.18	18.48	0.00	-2.70	-0.090	-0.098	7.7 (2)

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Fort-dégradé-revetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
1	76 298.74	76 284.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
2	0.59	0.00	-76 298.15	-2 497.81	0.00	73 800.34	125 451.541	zero cost	is de solutioir
3	152.58	151.74	-76 146.15	54.41	0.00	76 200.55	499.398	502.170	is de solutioir
4	11.33	0.00	-76 287.41	-1 831.24	0.00	74 456.17	6 572.620	zero cost	is de solutioir
5	294.40	290.96	-76 004.34	38.48	0.00	76 042.81	258.297	261.348	is de solutioir
6	665 594.10	665 588.07	589 295.39	12.13	0.00	-589 283.26	-0.885	-0.885	-17.9 (2)
7	665 594.10	665 588.07	589 295.39	12.13	0.00	-589 283.26	-0.885	-0.885	-17.9 (2)
8	12.81	0.00	-76 285.93	-1 807.07	0.00	74 478.85	5 812.575	zero cost	is de solutioir
9	144.81	130.62	-76 153.92	-337.20	0.00	75 816.72	523.542	580.428	is de solutioir
10	8.10	8.10	-76 290.65	187.24	0.00	76 477.89	9 438.838	9 438.838	is de solutioir
11	8.10	8.10	-76 290.65	187.24	0.00	76 477.89	9 438.838	9 438.838	is de solutioir
12	9.07	9.07	-76 289.68	148.90	0.00	76 438.58	8 426.611	8 426.611	is de solutioir
13	43.10	43.10	-76 255.65	184.08	0.00	76 439.73	1 773.442	1 773.442	is de solutioir
14	9.54	9.54	-76 289.20	148.90	0.00	76 438.11	8 012.896	8 012.896	is de solutioir
15	9.07	9.07	-76 289.68	187.24	0.00	76 476.92	8 430.837	8 430.837	is de solutioir
16	31.10	31.10	-76 267.65	148.90	0.00	76 416.56	2 456.929	2 456.929	is de solutioir
18	9.07	9.07	-76 289.68	148.90	0.00	76 438.58	8 426.611	8 426.611	is de solutioir
19	15.16	15.16	-76 283.58	187.24	0.00	76 470.82	5 044.802	5 044.802	is de solutioir
20	181.50	181.50	-76 117.25	-40.80	0.00	76 076.46	419.151	419.151	is de solutioir
21	106.37	106.37	-76 192.38	-40.80	0.00	76 151.59	715.914	715.914	is de solutioir
22	66.55	66.55	-76 232.20	-70.14	0.00	76 162.06	1 144.431	1 144.431	is de solutioir
23	50.77	50.77	-76 247.98	-70.14	0.00	76 177.84	1 500.375	1 500.375	is de solutioir
24	40.40	40.40	-76 258.35	-40.80	0.00	76 217.56	1 886.369	1 886.369	is de solutioir
25	43.22	43.22	-76 255.54	-70.14	0.00	76 185.39	1 762.661	1 762.661	is de solutioir
26	40.40	40.40	-76 258.35	-70.14	0.00	76 188.21	1 885.643	1 885.643	is de solutioir
27	0.59	0.00	-76 298.15	-2 497.81	0.00	73 800.34	125 451.541	zero cost	is de solutioir
28	170.98	166.70	-76 127.76	89.31	0.00	76 217.07	445.772	457.215	is de solutioir
29	164.92	161.21	-76 133.82	81.72	0.00	76 215.54	462.146	472.783	is de solutioir
30	0.59	0.00	-76 298.15	-2 497.81	0.00	73 800.34	125 451.541	zero cost	is de solutioir

H D M - 4 Indicateurs économiques : synthèse

31	103.52	98.41	-76 195.22	-430.28	0.00	75 764.94	731.871	769.859	:s de solutio
32	0.59	0.00	-76 298.15	-2 497.81	0.00	73 800.34	125 451.541	zero cost	:s de solutio
33	164.09	159.43	-76 134.65	-315.48	0.00	75 819.18	462.063	475.560	:s de solutio
35	149.15	145.48	-76 149.59	66.69	0.00	76 216.28	510.991	523.888	:s de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Fort-moyen-revetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
1	52 599.18	52 592.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
2	0.88	0.00	-52 598.30	-1 925.82	0.00	50 672.49	57 895.326	zero cost	:s de solutioir
3	109.74	108.58	-52 489.45	33.15	0.00	52 522.59	478.624	483.743	:s de solutioir
4	21.90	0.00	-52 577.29	-754.54	0.00	51 822.74	2 366.735	zero cost	:s de solutioir
5	158.36	157.78	-52 440.82	87.25	0.00	52 528.06	331.693	332.928	:s de solutioir
6	175 516.45	175 511.55	122 917.25	-106.03	0.00	-123 023.28	-0.701	-0.701	:s de solutioir
7	175 516.45	175 511.55	122 917.25	-106.03	0.00	-123 023.28	-0.701	-0.701	:s de solutioir
8	21.90	0.00	-52 577.29	-754.54	0.00	51 822.74	2 366.735	zero cost	:s de solutioir
9	81.24	60.94	-52 517.95	-506.03	0.00	52 011.91	640.227	853.548	:s de solutioir
10	9.07	9.07	-52 590.13	158.95	0.00	52 749.08	5 815.073	5 815.073	:s de solutioir
11	9.07	9.07	-52 590.13	158.95	0.00	52 749.08	5 815.073	5 815.073	:s de solutioir
12	9.07	9.07	-52 590.13	120.61	0.00	52 710.74	5 810.847	5 810.847	:s de solutioir
13	9.07	9.07	-52 590.13	158.95	0.00	52 749.08	5 815.073	5 815.073	:s de solutioir
14	9.54	9.54	-52 589.65	120.61	0.00	52 710.27	5 525.541	5 525.541	:s de solutioir
15	9.07	9.07	-52 590.13	158.95	0.00	52 749.08	5 815.073	5 815.073	:s de solutioir
16	9.07	9.07	-52 590.13	120.61	0.00	52 710.74	5 810.847	5 810.847	:s de solutioir
18	9.07	9.07	-52 590.13	120.61	0.00	52 710.74	5 810.847	5 810.847	:s de solutioir
19	15.16	15.16	-52 584.02	158.95	0.00	52 742.97	3 479.469	3 479.469	:s de solutioir
20	9.07	9.07	-52 590.13	158.95	0.00	52 749.08	5 815.073	5 815.073	:s de solutioir
21	9.07	9.07	-52 590.13	158.95	0.00	52 749.08	5 815.073	5 815.073	:s de solutioir
22	9.07	9.07	-52 590.13	120.61	0.00	52 710.74	5 810.847	5 810.847	:s de solutioir
23	9.07	9.07	-52 590.13	120.61	0.00	52 710.74	5 810.847	5 810.847	:s de solutioir
24	9.07	9.07	-52 590.13	158.95	0.00	52 749.08	5 815.073	5 815.073	:s de solutioir
25	9.07	9.07	-52 590.13	120.61	0.00	52 710.74	5 810.847	5 810.847	:s de solutioir
26	9.07	9.07	-52 590.13	120.61	0.00	52 710.74	5 810.847	5 810.847	:s de solutioir
27	0.88	0.00	-52 598.30	-1 925.82	0.00	50 672.49	57 895.326	zero cost	:s de solutioir
28	117.33	114.43	-52 481.86	72.08	0.00	52 553.94	447.927	459.281	:s de solutioir
29	115.76	112.86	-52 483.42	45.36	0.00	52 528.78	453.771	465.421	:s de solutioir
30	0.88	0.00	-52 598.30	-1 925.82	0.00	50 672.49	57 895.326	zero cost	:s de solutioir

HDM - 4 Indicateurs économiques : synthèse

31	61.05	55.52	-52 538.13	-258.13	0.00	52 279.99	856.325	941.726	:s de solutio
32	0.88	0.00	-52 598.30	-1 925.82	0.00	50 672.49	57 895.326	zero cost	:s de solutio
33	63.51	59.71	-52 535.67	-218.01	0.00	52 317.66	823.710	876.156	:s de solutio
35	115.11	111.91	-52 484.07	54.75	0.00	52 538.82	456.410	469.461	:s de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Moyen-bon-revetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
1	8.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
2	0.54	0.00	-8.41	-120.08	0.00	-111.67	-206.785	zero cost	is de solutioir
3	21.63	21.11	12.67	1.41	0.00	-11.26	-0.521	-0.533	-25.6 (2)
4	8.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutioir
5	8.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutioir
6	500 663.75	500 663.42	500 654.77	28.99	0.00	-500 625.78	-1.000	-1.000	is de solutioir
7	500 663.75	500 663.42	500 654.77	28.99	0.00	-500 625.78	-1.000	-1.000	is de solutioir
8	8.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutioir
9	8.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	zero cost	is de solutioir
10	9.07	9.07	0.12	31.63	0.00	31.51	3.474	3.474	32.4 (1)
11	9.07	9.07	0.12	31.63	0.00	31.51	3.474	3.474	32.4 (1)
12	9.07	9.07	0.12	16.36	0.00	16.25	1.791	1.791	18.6 (1)
13	9.07	9.07	0.12	31.63	0.00	31.51	3.474	3.474	32.4 (1)
14	9.54	9.54	0.58	16.36	0.00	15.78	1.654	1.654	18.2 (1)
15	9.07	9.07	0.12	31.63	0.00	31.51	3.474	3.474	32.4 (1)
16	9.07	9.07	0.12	16.36	0.00	16.25	1.791	1.791	18.6 (1)
18	9.07	9.07	0.12	16.36	0.00	16.25	1.791	1.791	18.6 (1)
19	15.16	15.16	6.20	31.63	0.00	25.42	1.677	1.677	24.3 (1)
20	9.07	9.07	0.12	31.63	0.00	31.51	3.474	3.474	32.4 (1)
21	9.07	9.07	0.12	31.63	0.00	31.51	3.474	3.474	32.4 (1)
22	9.07	9.07	0.12	16.36	0.00	16.25	1.791	1.791	18.6 (1)
23	9.07	9.07	0.12	16.36	0.00	16.25	1.791	1.791	18.6 (1)
24	9.07	9.07	0.12	31.63	0.00	31.51	3.474	3.474	32.4 (1)
25	9.07	9.07	-0.12	16.36	0.00	16.25	1.791	1.791	18.6 (1)
26	9.07	9.07	0.12	16.36	0.00	16.25	1.791	1.791	18.6 (1)
27	0.54	0.00	-8.41	-120.08	0.00	-111.67	-206.785	zero cost	is de solutioir
28	32.03	30.41	23.08	13.82	0.00	-9.26	-0.289	-0.304	-0.6 (2)
29	38.65	38.13	29.70	5.05	0.00	-24.65	-0.638	-0.646	-73.1 (1)
30	0.54	0.00	-8.41	-120.08	0.00	-111.67	-206.785	zero cost	is de solutioir

H D M - 4 Indicateurs économiques : synthèse

31	16.41	15.35	7.46	-3.02	0.00	-10.48	-0.638	-0.682	-54.6 (2)
32	0.54	0.00	-8.41	-120.08	0.00	-111.67	-206.785	zero cost	is de solution
33	18.00	17.50	9.04	0.57	0.00	-8.47	-0.471	-0.484	-16.1 (2)
35	32.03	30.41	23.08	13.82	0.00	-9.26	-0.289	-0.304	-0.6 (2)

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Moyen-dégradé-revetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
1	87 540.47	87 538.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
2	0.58	0.00	-87 539.88	-945.56	0.00	86 594.32	149 397.403	zero cost	is de solutioir
3	161.75	161.60	-87 378.71	71.20	0.00	87 449.92	540.647	541.150	is de solutioir
4	1.02	0.00	-87 539.44	-944.39	0.00	86 595.05	84 781.802	zero cost	is de solutioir
5	294.45	290.96	-87 246.02	67.54	0.00	87 313.56	296.528	300.084	is de solutioir
6	665 591.61	665 588.07	578 051.11	18.05	0.00	-578 033.06	-0.868	-0.868	-29.2 (2)
7	665 591.61	665 588.07	578 051.11	18.05	0.00	-578 033.06	-0.868	-0.868	-29.2 (2)
8	1.02	0.00	-87 539.44	-944.39	0.00	86 595.05	84 781.802	zero cost	is de solutioir
9	214.56	210.37	-87 325.91	-13.67	0.00	87 312.23	406.934	415.045	is de solutioir
10	8.10	8.10	-87 532.37	117.59	0.00	87 649.96	10 817.685	10 817.685	is de solutioir
11	8.10	8.10	-87 532.37	117.59	0.00	87 649.96	10 817.685	10 817.685	is de solutioir
12	9.07	9.07	-87 531.41	102.32	0.00	87 633.73	9 660.767	9 660.767	is de solutioir
13	43.10	43.10	-87 497.38	116.31	0.00	87 613.69	2 032.684	2 032.684	is de solutioir
14	9.54	9.54	-87 530.92	102.32	0.00	87 633.25	9 186.466	9 186.466	is de solutioir
15	9.07	9.07	-87 531.41	117.59	0.00	87 648.99	9 662.450	9 662.450	is de solutioir
16	31.10	31.10	-87 509.38	102.32	0.00	87 611.70	2 816.873	2 816.873	is de solutioir
18	9.07	9.07	-87 531.41	102.32	0.00	87 633.73	9 660.767	9 660.767	is de solutioir
19	15.16	15.16	-87 525.33	117.59	0.00	87 642.91	5 781.828	5 781.828	is de solutioir
20	181.50	181.50	-87 358.97	-18.63	0.00	87 340.34	481.211	481.211	is de solutioir
21	106.37	106.37	-87 434.11	-18.63	0.00	87 415.48	821.807	821.807	is de solutioir
22	66.55	66.55	-87 473.92	-30.27	0.00	87 443.65	1 313.952	1 313.952	is de solutioir
23	50.77	50.77	-87 489.70	-30.27	0.00	87 459.43	1 722.574	1 722.574	is de solutioir
24	40.40	40.40	-87 500.07	-18.63	0.00	87 481.44	2 165.148	2 165.148	is de solutioir
25	43.22	43.22	-87 497.25	-30.27	0.00	87 466.98	2 023.677	2 023.677	is de solutioir
26	44.60	44.60	-87 495.87	40.03	0.00	87 535.90	1 962.548	1 962.548	is de solutioir
27	0.58	0.00	-87 539.88	-945.56	0.00	86 594.32	149 397.403	zero cost	is de solutioir
28	174.54	171.15	-87 365.94	69.39	0.00	87 435.32	500.956	510.865	is de solutioir
29	158.76	156.17	-87 381.70	58.89	0.00	87 440.60	550.774	559.906	is de solutioir
30	0.58	0.00	-87 539.88	-945.56	0.00	86 594.32	149 397.403	zero cost	is de solutioir

H D M - 4 Indicateurs économiques : synthèse

31	117.38	114.15	-87 423.09	-131.02	0.00	87 292.07	743.679	764.698	:s de solutio
32	0.58	0 00	-87 539.88	-945.56	0.00	86 594.32	149 397.403	zero cost	:s de solutio
33	197.57	194.61	-87 342.90	-88.73	0.00	87 254.17	441.630	448.355	:s de solutio
35	152.64	149.53	-87 387.82	64.48	0.00	87 452.30	572.934	584.847	:s de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900

Section : Moyen-moyen-revetue

Option	Coûts actual. administration totaux (RAC)	Coûts actual. administration investissement (CAP)	Surcoûts administration (C)	Economie coûts usagers (B)	Avantages exogènes (E)	Bénéfice actualisé (NPV = B + E - C)	Rapport Bén./ coût (NPV/RAC)	Rapport bén./ invest. (NPV/CAP)	Taux de rentabilité interne (IRR)
1	54 917.66	54 910.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
2	0.45	0.00	-54 917.22	-496.50	0.00	54 420.71	121 764.943	zero cost	is de solutioir
3	108.92	108.58	-54 808.75	20.48	0.00	54 829.23	503.396	504.987	357.0 (1)
4	17.25	0.00	-54 900.42	-339.26	0.00	54 561.15	3 163.308	zero cost	is de solutioir
5	178.50	171.94	-54 739.17	8.92	0.00	54 748.09	306.716	318.412	is de solutioir
6	233 498.26	233 497.40	178 580.62	-13.09	0.00	-178 593.71	-0.765	-0.765	-33.4 (3)
7	233 498.26	233 497.40	178 580.62	-13.09	0.00	-178 593.71	-0.765	-0.765	-33.4 (3)
8	17.25	0.00	-54 900.42	-339.26	0.00	54 561.15	3 163.308	zero cost	is de solutioir
9	98.35	81.11	-54 819.31	-99.39	0.00	54 719.91	556.356	674.672	is de solutioir
10	9.07	9.07	-54 908.61	73.16	0.00	54 981.77	6 061.206	6 061.206	is de solutioir
11	9.07	9.07	-54 908.61	73.16	0.00	54 981.77	6 061.206	6 061.206	is de solutioir
12	9.07	9.07	-54 908.61	57.90	0.00	54 966.50	6 059.523	6 059.523	is de solutioir
13	9.07	9.07	-54 908.61	73.16	0.00	54 981.77	6 061.206	6 061.206	is de solutioir
14	9.54	9.54	-54 908.13	57.90	0.00	54 966.03	5 762.009	5 762.009	is de solutioir
15	9.07	9.07	-54 908.61	73.16	0.00	54 981.77	6 061.206	6 061.206	is de solutioir
16	9.07	9.07	-54 908.61	57.90	0.00	54 966.50	6 059.523	6 059.523	is de solutioir
18	9.07	9.07	-54 908.61	57.90	0.00	54 966.50	6 059.523	6 059.523	is de solutioir
19	15.16	15.16	-54 902.51	73.16	0.00	54 975.66	3 626.760	3 626.760	854.3 (1)
20	9.07	9.07	-54 908.61	73.16	0.00	54 981.77	6 061.206	6 061.206	is de solutioir
21	9.07	9.07	-54 908.61	73.16	0.00	54 981.77	6 061.206	6 061.206	is de solutioir
22	9.07	9.07	-54 908.61	57.90	0.00	54 966.50	6 059.523	6 059.523	is de solutioir
23	9.07	9.07	-54 908.61	57.90	0.00	54 966.50	6 059.523	6 059.523	is de solutioir
24	9.07	9.07	-54 908.61	73.16	0.00	54 981.77	6 061.206	6 061.206	is de solutioir
25	9.07	9.07	-54 908.61	57.90	0.00	54 966.50	6 059.523	6 059.523	is de solutioir
26	9.07	9.07	-54 908.61	57.90	0.00	54 966.50	6 059.523	6 059.523	is de solutioir
27	0.45	0.00	-54 917.22	-496.50	0.00	54 420.71	121 764.943	zero cost	is de solutioir
28	105.20	104.02	-54 812.47	31.60	0.00	54 844.07	521.353	527.224	is de solutioir
29	105.74	105.15	-54 811.92	18.93	0.00	54 830.86	518.532	521.462	377.7 (1)
30	0.45	0.00	-54 917.21	-499.58	0.00	54 417.63	120 493.638	zero cost	is de solutioir

HDM-4 Indicateurs économiques : synthèse

31	56.27	55.06	-54 861.39	-98.64	0.00	54 762.76	973.226	994.651	377.9 (1)
32	0.45	0.00	-54 917.22	-496.50	0.00	54 420.71	121 764.943	zero cost	:s de solutio
33	60.43	59.71	-54 857.23	-71.55	0.00	54 785.68	906.531	917.488	377.8 (1)
35	96.06	94.57	-54 821.60	16.36	0.00	54 837.96	570.884	579.882	:s de solutio

Le nombre entre parenthèses indique le nombre de solutions entre -90 et +900