

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP



GC. 0084

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
Centre de Thiès
Département Génie Civil

Projet de fin d'études
En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur de Conception

Titre : SYSTEME D'AIDES ET D'INFORMATIONS POUR LA
GESTION DU RESEAU ROUTIER NATIONAL

Auteur : Abdou Aziz NIANG
Directeur interne : El hadji Ibrahima Khalil CISSE
Directeur externe : Yaya DIATTA

Année : 2002 – 2003

DEDICACES

A mes parents

A mes frères et sœurs

A toute la promotion 2002 – 2003 de l'E.S.P.

REMERCIEMENTS

Ce rapport ne saurait être exhaustif sans une note de remerciements à l'endroit de Monsieur El hadji Ibrahima Khalil CISSE qui a bien voulu encadrer ce projet.

Nos remerciements vont aussi à l'endroit de Monsieur Yaya DIATTA, chef de service à la Direction des Travaux Publics.

Nous tenons aussi à remercier Monsieur Alassane BA professeur à l'Ecole Supérieure Polytechnique centre de Thiès pour ses conseils pratiques sur l'apprentissage du logiciel.

A Monsieur Mbar Coly FAYE et à Monsieur Lamine CISSE tous ingénieurs à l'Agence Autonome des Travaux Routiers, nous leur témoignons notre reconnaissance pour nous avoir aidé à la collecte des données.

Que celles et ceux, qui de près ou de loin, m'ont aidé à l'exécution de ce projet, trouvent en ces lignes l'expression de ma profonde gratitude.

SOMMAIRE

Ce rapport sanctionne le travail accompli dans le cadre du projet de fin d'études qui a pour titre : « Système d'aides et d'informations pour la gestion du réseau routier national. »

Ce projet vise à obtenir un rendement optimal des fonds publics consacrés à la construction de routes et de rues. Ceci n'est possible que par une comparaison des diverses options tant au niveau d'un réseau que pour un projet particulier, par une coordination des activités de design, de construction, d'entretien et d'évaluation, et par une utilisation efficace des connaissances et des méthodes existantes.

Les Systèmes d'Informations Géographiques répondent bien à ces préoccupations. Il intègre plusieurs couches d'informations et de critère de gestion au sein d'un même système de référence géographique.

Dans le premier chapitre nous avons fait la classification des routes pour une bonne structuration. Au chapitre deux il a été fait mention des généralités sur les Systèmes d'Informations Géographiques. Ensuite nous verrons l'évaluation des chaussées au troisième chapitre. Dans le chapitre quatre nous allons voir la gestion de la chaussée dans son ensemble. Au chapitre cinq on établira les démarches générales pour la mise en place du système.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
SOMMAIRE.....	iii
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ABREVIATIONS	viii
LISTE DES SYMBOLES.....	ix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DU RESEAU ROUTIER NATIONAL.....	3
1.1. Historique	3
1.2. Classification	5
1.2.1 Classification administrative	5
1.2.1.1. Les routes classées :.....	5
1.2.1.1.1. Les routes nationales :	5
1.2.1.1.2 Les routes régionales :	6
1.2.1.1.3. Les routes départementales :.....	6
1.2.1.1.4. Les voies urbaines de grandes circulations :	6
1.2.1.1.5. Les pistes répertoriées :	6
1.2.1.2. Les routes non classées.....	6
1.2.2 Classification fonctionnelle :.....	6
1.2.3 Classification technique :	7
CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES	8
2.1. Qu'est-ce qu'un S.I.G.?	8
2.1.1 Quelques définitions.....	8
2.1.2 S.I.G. : modèle de la réalité	10
2.1.3 Fonctions d'un SIG	10
2.1.4. Systèmes de gestion de bases de données	11
2.2. Les phases de la modélisation	12
2.2.1. Les principaux modèles.....	12
2.2.2 Autres modèles	14
2.2.2.1 Le modèle entités-relations.....	14
2.2.2.2 Le modèle hiérarchique	14
Chapitre III : Evaluation des dégradations de la chaussée	16
3.1 But de l'évaluation de la chaussée.....	16
3.2 Principaux genres d'évaluations.....	16
3.3. Facteurs pouvant affecter la détérioration de la chaussée	17
3.4. Evaluation des facteurs.....	17

3.4.1	Evaluation de la qualité d'une chaussée	17
3.4.2	Sécurité des revêtements	18
3.5.	Evaluation de la dégradation de la chaussée	18
Chapitre IV LA GESTION DE L'ENTRETIEN		20
4.1	La nécessité et l'intérêt de l'entretien routier	20
4.2	Entretien la route au bon moment et au bon endroit	21
4.3	Principaux objectifs de l'entretien	22
4.4	L'entretien de la chaussée et de son environnement	23
4.5	Le trafic : Paramètre important dans la gestion de l'entretien.....	23
4.5.1.	Données sur le trafic	23
4.5.2	Le trafic équivalent.....	24
4.5.3.	Calcul du nombre total N de poids lourds	24
4.5.4.	Agressivité du trafic en poids lourds	24
4.5.5.	Le choix de la stratégie d'investissement et d'entretien.....	25
4.5.6.	Choix d'une durée de référence pour la comparaison de stratégie.....	26
4.5.7.	Implication sur le choix des techniques de chaussée.....	26
4.6	Niveau de gestion de l'entretien	27
4.7	Définir des priorités	29
Chapitre V DEMARCHES GENERALES		30
5.1	Acquisition des données	30
5.2	Organisation des données	30
5.3.	Saisi et mise en forme des données	32
5.3.1.	Saisie des données	32
5.3.2.	Mode de représentation	32
5.4.	Traitement des données	33
Chapitre VI APPLICATION DU LOGICIEL ArcVIEW		34
6.1.	Généralités	34
6.2.	Création de la carte de base	34
6.3.	Ajouter un nouveau thème.....	34
6.4.	Identification sélection des données d'études	35
Chapitre VII CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS		38
ANNEXES.....		39
BIBLIOGRAPHIE.....		47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Les phases de la modélisation de SIG	13
Tableau 3.1 : Echelle de l'indice de roulement	18
Tableau 4.1 : Définitions des classes de trafics	24

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 :	Composantes d'un système d'information géographique : Source: Zuuring (199	9
Figure 2.2 :	Les différentes étapes d'élaboration des S.I.G. (Source: Marius Thériault, 1997)	11
Figure 4.1	Organisation de la gestion de l'entretien.....	21
Figure 4.2	Paliers de gestion de l'entretien et fréquence des rapports	28
Figure 6.1	Identification d'une entité appartenant un thème.....	35
Figure 6.2	Génération de requête	36
Figure 6.2	Sélection d'entités à partir d'une requête.....	37

LISTE DES ABREVIATIONS

F.I.D.E.S : Fonds d'Investissement pour le Développement économique et Social.

A.A.T.R.: Agence Autonome des Travaux Routiers.

M.E.T.T.A. : Ministère de l'Équipement et des Transports Terrestres et Aériens.

M.I.E.T. : Ministère de l'Équipement et des Infrastructures Terrestres.

M.E.F. : Ministère de l'Économie et des Finances.

C.R : Conseil des Routes..

P.E.R.A. : Programme d'Entretien Routier Annuel.

S.I.G. : Systèmes d'Informations Géographiques.

S.G.B.D. : Système de gestion de bases de données.

S.G.D.L. (système de gestion de données localisées

B.D. : base de données.

S.Q.L. : structured query language.

I.R. : indice de roulement.

MJA : Moyenne journalière annuelle.

LISTE DES SYMBOLES

N.E = nombre équivalent

N = nombre cumulé de poids lourd pour la période de calcul de p années.

CAM = agressivité moyenne du poids lourd par rapport à l'essieu de référence

C = le facteur de cumul sur la période de calcul

NPL = nombre de poids lourds pendant la période de comptage

Kj = coefficient correspondant au type d'essieu

nij = nombre d'essieux élémentaires de type j classe de charge Pi.

INTRODUCTION

La route « est source de vie » pour reprendre une belle formule des romains de l'antiquité. Si elle n'existait pas il faudrait la créer. En effet, la route et les chemins de fer ont été toujours considérés non seulement comme instrument d'intégration, mais comme outils politiques de conquêtes et de dominations bien que coûteux en construction et en entretien.

Le rôle joué par ces deux modes de transport pour le déplacement des personnes et des marchandises n'est plus à démontrer aujourd'hui. Le développement économique de tout un pays passe par une meilleure intégration régionale et sous régionale, ce qui nécessite un investissement cohérent pour la construction et l'entretien d'infrastructures routières.

En effet, depuis son accessibilité à la souveraineté nationale, le Sénégal a toujours cherché à révolutionner le secteur des transports qui est un des piliers d'un développement durable. Cette amélioration des systèmes de transport ne peut s'obtenir que si l'entretien de l'infrastructure devienne efficace. Ainsi, le fait de négliger l'entretien ou de le différer entraîne non seulement des dépenses exorbitantes pour la reconstruction et la remise en état, mais aussi une influence négative pour la construction des pôles de développement. Ce qui peut freiner donc le développement dans tous les secteurs de l'économie.

Par ailleurs, le réseau qui existait n'était pas important, il fallait donc penser à construire de nouveaux tronçons. Ainsi, on assistait à une période de priorité pour la structuration du réseau routier afin de relier complètement les différentes capitales régionales et celle nationale. Tout ceci doit être conjugué à la gestion et à l'entretien du réseau routier au bon moment. Pour le faire, il a été nécessaire de définir les priorités dans la gestion du réseau. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet qui s'intitule « Système d'aide et d'information pour la gestion du réseau routier national. »

Dans ces conditions une bonne gestion du réseau devient et reste la clé fondamentale pour ouvrir les portes du développement à notre pays. Une parfaite planification s'appuie sur une connaissance du réseau routier pour leur programmation d'entretien. Il sera aussi important de savoir les techniques de l'évaluation de la chaussée pour déterminer leur comportement initial.

Ce système de gestion va donc aider les gestionnaires du domaine routier à prendre des décisions au bon moment pour une quelconque intervention sur la route.

Dans ce rapport il sera question de faire une classification du réseau routier national. Ensuite il fera office des généralités sur les systèmes d'informations géographiques. Par la suite il sera question de la gestion de l'entretien dans son ensemble. Enfin on étalera une méthodologie de travail qui sera composée de l'acquisition des données, de la saisie, du traitement et de l'exploitation de ces données pour une prise de décision au futur. Pour terminer l'étude sur le système de gestion, des conclusions et des recommandations seront tirées pour une bonne exploitation du système.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU RESEAU ROUTIER NATIONAL

1.1. Historique

Au début des années 1900, l'infrastructure de transport terrestre au Sénégal était constituée essentiellement par la voie ferrée. Les lignes de chemin de fer, Dakar- Saint-Louis mises en exploitation dès 1885 et Dakar - Kidira construite de 1907 à 1923, assuraient la liaison permanente de l'ancienne capitale du Sénégal et du haut du pays vers Dakar. Le réseau ferré fut en pleine exploitation avec l'acheminement des produits agricoles. Ces productions agricoles étant de plus en plus importantes, on a pensé à développer le réseau routier qui était pratiquement inexistant.

La première étape fut donc la construction des routes et pistes reliant les gares aux bassins agro-économiques. C'est ainsi qu'en 1931, toutes les localités présentant des intérêts économiques furent reliées à la voie ferrée par chemins carrossables.

Avec l'amélioration des véhicules, de leur vitesse et de leur capacité de charge, le transport direct entre les zones de production et les zones de traitement devenait important. Aussi, pour éliminer les ruptures de charge entre pistes et rails, des routes longeant les voies ferrées sont rapidement construites. Malgré toutes les interdictions relatives à la protection du transport sur les rails, l'administration n'a pu s'opposer à une évolution d'un processus irréversible qui a abouti au réseau de base actuel.

Pendant la seconde guerre mondiale, le réseau n'évolue guère et il comptait 30 km de route bitumée, 527 km de routes empierrées et 2500 km de routes en terre. Il représentait à l'époque l'un des meilleurs réseaux routiers de la sous région. Depuis lors, cette situation a évolué, à l'image des différents programmes et projets routiers qui ont été mis en œuvre.

Dès 1949, le programme quadriennal (1949-1953) financé par les Fonds d'Investissement pour le Développement économique et Social (F.I.D.E.S.), fut l'occasion de donner à la presqu'île du Cap Vert l'essentiel de son réseau routier. Les principaux axes routiers sont en partie construits à la fin de ce programme.

En 1953, un nouveau fond d'investissement alimenté par les taxes sur les carburants vient substituer le F.I.D.E.S. C'est par la suite qu'un deuxième programme quadriennal (1953-1957) a vu le jour. La construction des axes principaux fut terminée.

Ainsi le bilan du réseau routier a la veille de l'indépendance s'établit comme suit :

- ✓ 907 km de routes bitumées ;
- ✓ 2097 km de routes nationales en terre ;
- ✓ 966 km de routes régionales en terre ;
- ✓ 2064 km de pistes.

Les troisième et quatrième programmes quadriennaux ont été relayés par une nouvelle série de construction de routes à partir de 1965, année où on a mis en place le conseil économique et social. C'est aussi en ces temps que la Direction des Travaux Publiques fut créée.

Depuis lors, des programmes triennaux et des programmes sectoriels du transport se sont succédés. Tout ceci pour une bonne gestion de la route.

L'inadéquation entre le statut juridique et réglementaire de service public et la privatisation des travaux routiers et le comportement des différents acteurs devient de plus en plus remarquable. La solution qui semble être privilégiée consiste à prendre des réformes radicales, au plan institutionnel. C'est ainsi qu'au début de l'année 2002, un nouvel organe de gestion du réseau routier et d'exécution des travaux a été créé en accord entre le gouvernement et les bailleurs de fonds internationaux. Cette nouvelle structure dénommée Agence Autonome des Travaux Routiers (A.A.T.R.) est placée sous la tutelle technique du Ministère de l'Équipement et des Transports Terrestres et Aériens (M.E.T.T.A.) devenu le Ministère de l'Équipement et des Infrastructures Terrestres (M.I.E.T.) et sous la tutelle financière du Ministère de l'Économie et des Finances (M.E.F.). Par ailleurs, il a été créé un Conseil des Routes (C.R.) chargé de proposer au gouvernement des orientations à mettre en place en matière de gestion routière, d'approuver les programmes de l'A.A.T.R. et de s'assurer de cette dernière de la bonne exécution des missions qui lui sont assignées. C'est dans ce contexte institutionnel que le Programme d'Entretien Routier Annuel (P.E.R.A.) a été élaboré.

Actuellement le réseau routier national englobe 14500 km de route dont 30% sont bitumées soit environ 4350 km.

1.2. Classification

1.2.1 Classification administrative

Les textes relatifs à la classification officielle des routes sont :

- Les articles 37 et 65 de la constitution ;
- La loi du 74 – 20 du 24 juin 1974 ;
- Le décret d'application N°74 – 718 du 18 juillet 1974 ;
- L'arrêté ministériel N° 15097 du 14 décembre 1985.

La classification administrative permet de déterminer, généralement, l'entité chargée de la maîtrise d'ouvrage, du financement des coûts de construction et d'entretien du réseau concerné. Dans ce cadre le M.I.E.T. pourrait, par exemple, être le maître d'ouvrage des routes nationales, le conseil régional étant celui des routes régionales, ainsi de suite. Dans ce classement on définit deux catégories de routes

1.2.1.1. Les routes classées :

Une route est dite classée si elle a fait l'objet d'un acte administratif de classement pris dans les formes réglementaires, soit préalablement à la construction, soit postérieurement. Cet acte a pour effet :

- de ranger la route en question dans une des catégories et de la soumettre au statut administratif et financier de ladite classe,
- d'incorporer au domaine public routier le sol des emprises de la route et de créer éventuellement des servitudes de voiries sur les terrains situés en bordure.

Les routes classées sont réparties en quatre groupes :

1.2.1.1.1. Les routes nationales :

Ces routes sont destinées à assurer les liaisons à grandes distances entre plusieurs régions ou entre ces régions et les Etats limitrophes.

1.2.1.1.2 Les routes régionales :

Elles relient entre eux les départements d'une région ou elles assurent les liaisons interrégionales

1.2.1.1.3. Les routes départementales :

Ce sont les routes qui assurent la desserte d'un département

1.2.1.1.4. Les voies urbaines de grandes circulations :

Ce sont des artères à grandes circulations ou des voies assurant les liaisons rapides à l'intérieur d'une ville.

1.2.1.1.5. Les pistes répertoriées :

Ce sont les routes qui relient les chefs lieux d'arrondissement aux villages.

1.2.1.2. Les routes non classées

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. Cet usage ou cet état de fait n'emporte pas l'incorporation du sol de la route au domaine public routier. Une route non classée peut faire l'objet d'une inscription au répertoire général des voies de communication ouvert par le Ministère des Travaux Publics, de l'Urbanisme et des Transports. Cette inscription ne préjuge en rien le futur classement de ladite route.

1.2.2 Classification fonctionnelle :

Elle se base sur les caractéristiques du transport routier de chaque pays. La caractéristique principale de cette classification est la longueur. Ainsi on distingue les routes primaires qui s'étendent sur une grande distance et les routes secondaires qui supportent des trafics sur des distances plus courtes.

1.2.3 Classification technique :

Cette classification se fonde sur les données techniques que sont le volume de trafic et la vitesse de référence pour hiérarchiser les routes classées selon les critères de fonctionnalité. Donc, elle vient compléter celle fonctionnelle citée ci haut en déterminant ses sous classes.

Il apparaît que la classification actuellement en vigueur, définie par une loi de 1974 semble être dépassée dans le contexte de la décentralisation qui va transférer plusieurs compétences, dont une partie de la route, même « administrativement » parlant. En outre elle n'est pas fonctionnelle et n'a tenu compte ni de l'évolution du réseau, ni de la technologie routière. Elle est même obsolète, car les consultants impliqués dans la préparation des travaux d'entretien périodique des routes en terre n'ont pas pu retrouver certaines routes classées en 1999.

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES

2.1. Qu'est-ce qu'un S.I.G.?

S.I.G. signifie "Systèmes d'Informations Géographiques". C'est la traduction de l'acronyme anglais GIS, qui signifie à la fois Geographic Information System et Geographic Information Science.

Les systèmes d'informations géographiques servent principalement à :

- ❖ enregistrer l'information sur le territoire,
- ❖ questionner l'information sur le territoire,
- ❖ produire des cartographies thématiques,
- ❖ analyser l'information sur le territoire,
- ❖ effectuer des stimulations.

Pour qu'elle fonctionne en parfaite adéquation, le S.I.G. doit être correctement structuré.

La structuration doit se faire sous différents aspects :

- ◆ la structuration logique, principalement l'organisation logique des données en tables rationnelles ou en couches matricielles,
- ◆ la structuration des fichiers informatiques, dont il faut connaître les rudiments pour en maîtriser le transcodage de fichiers, c'est à dire le passage d'un format à un autre,
- ◆ la structuration multi-logiciels, ou en d'autres termes, l'assemblage de plusieurs logiciels visant à regrouper sous un interface unique, l'ensemble des fonctions de plusieurs programmes.

2.1 1 Quelques définitions

D'une manière générale un S.I.G. est un système informatisé qui prend en charge la saisie, la gestion, la manipulation, l'analyse et la sortie de données spatiales et tabulaires. Les données spatiales font références aux emplacements spécifiques sur la terre et enregistrées comme éléments graphiques.

Il existe plusieurs définitions pour les Systèmes d'Informations Géographiques. Parmi celles ci on peut retenir les suivantes :

- c'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision,
- c'est un ensemble de procédures utilisées pour conserver et traiter de l'information à référence géographique. (Aronoff, 1989),
- les S.I.G. comportent trois types de composantes: technologiques (matériel et logiciel), informatives (bases de données géographiques et associées) et infra structurelles (personnel, installations, services de support). (Dickinson et Calkins, 1988),
- les S.I.G. sont des types particuliers de système d'information dont la base de données contient des informations reliées à des entités physiques, des activités ou des événements localisés et assimilables aux formes géométriques de points, de lignes et de zones. Un S.I.G. gère les informations spécifiques à ces points, lignes et zones pour extraire les données requises afin de réaliser des recherches et des analyses spécialisées. (Dueker, 1979).

On peut dire en résumé qu'un S.I.G. peut désigner un ensemble complet de composantes permettant les traitements informatiques de l'information géoréférencée, (figure 2.1)

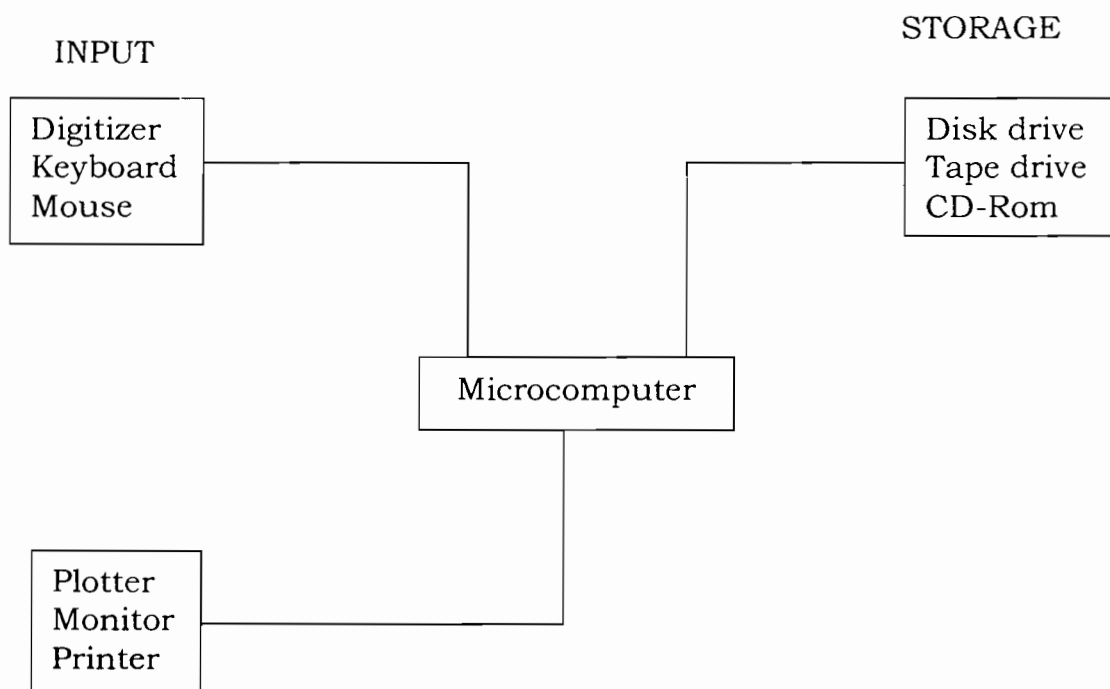


Figure 2.1 : Composantes d'un système d'information géographique : Source: Zuuring (1998)

2.1.2 S.I.G. : modèle de la réalité

Le S.I.G. représente imparfaitement un sous ensemble de la réalité :

- ◆ un sous ensemble : parce qu'on ne peut tout représenter, il faut choisir des entités géographiques pertinentes,
- ◆ un sous-ensemble imparfait car il faut toujours simplifier la réalité.

La conception du S.I.G débute avec la structuration. Il est toutefois préférable de modéliser la réalité explicitement avant de structurer. Les modèles explicites se présentent habituellement sous formes de schémas. Cependant, aucun S.I.G. ne peut fonctionner à partir de son modèle conceptuel seulement. Les modèles ne sont que des constructions logiques qui servent à guider précisément la structuration du système. Ils doivent être mis en oeuvre par une structure logique implantée informatiquement.

Les deux types essentiels de modèles composant les S.I.G. sont :

- ◆ le modèle cartographique qui illustre par quel type d'entités graphiques (points, lignes, polygones etc...) sont représentées les entités géographiques matérialisées et comment ces entités seront réparties sur différentes couches,
- ◆ le modèle conceptuel qui illustre les différentes entités (routes, lacs, régions) et les relations qui existent entre ces dernières.

Les différentes étapes dans l'élaboration d'un S.I.G. sont résumées par la figure 2.2

2.1.3 Fonctions d'un SIG

Une manière de résumer les fonctions d'ensemble d'un SIG est d'utiliser l'organigramme suivant ces trois points, ce qui reprend les composantes conceptuelles vues à la section précédente:

1. Capture (ou collecte des données) puis intégration (ou saisie) des données
2. Traitements, portant sur le coeur du système, la base de données, lieu de stockage de l'information à référence spatiale. Ces traitements se font par l'intermédiaire de l'interface et du SGBD
3. Visualisation et diffusion des résultats, avec ou sans transformation préalable

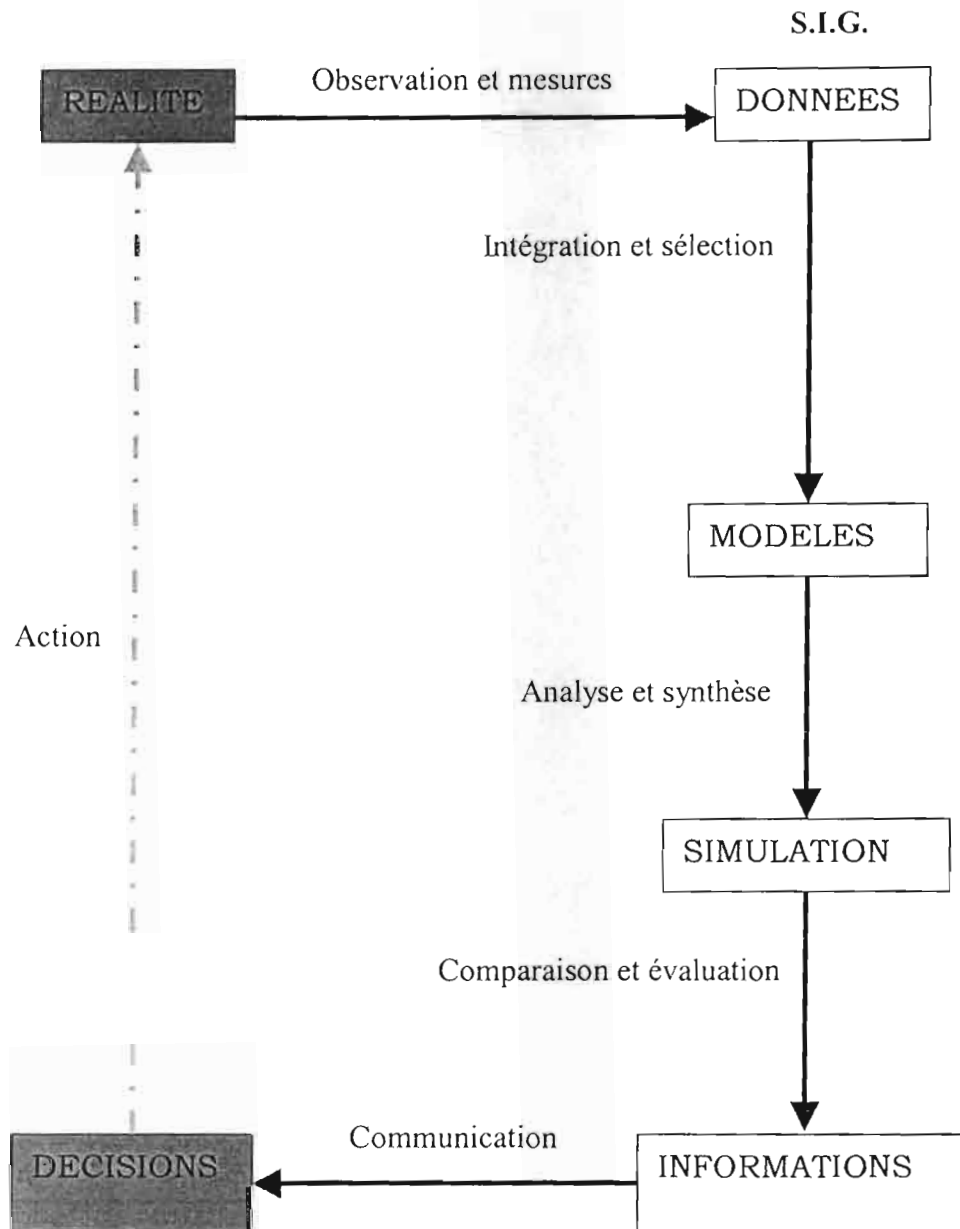


Figure 2.2 : Les différentes étapes d'élaboration des S.I.G. (Source: Marius Thériault, 1997)

2.1.4. Systèmes de gestion de bases de données

Les données thématiques traitées dans un S.I.G. vectoriel sont accessibles à travers un système de gestion de bases de données (S.G.B.D.).

Le degré d'intégration du S.G.B.D. et du S.G.D.L. (système de gestion de données localisées) peut prendre trois formes :

- ❖ le S.G.D.L. est une extension du S.G.B.D. La description des données graphiques est adaptée pour s'ajuster aux contraintes du S.G.B.D.,

❖ le S.G.B.D. et le S.G.D.L. se répartissent les rôles et travaillent en coordination en utilisant des identificateurs uniques pour relier les deux ensembles de données, le domaine spatial est totalement intégré dans le S.G.B.D. orienté objet qui dispose des fonctions nécessaires pour gérer des entités graphiques.

Une base de données est un ensemble de données non redondantes et structurées qui peut être partagé par plusieurs applications. Pour être efficace, la base de données (B.D.) doit être indépendante des applications, réduire la redondance (duplication) des données pour éviter les inconsistances, assurer l'intégrité des données, faciliter la mise à jour et conserver les définitions sémantiques avec les données.

L'utilisation de modèles et de normes permet d'éviter les incohérences en dotant la B.D. d'une structure efficace pour assurer la portabilité des données entre les applications, tout en maintenant des performances acceptables.

Les S.G.B.D. permettent de réduire les frais de saisie des données et de minimiser les coûts de développement des logiciels en assurant la portabilité des données. Ils permettent aussi d'assurer la sécurité des données en contrôlant les accès.

2.2. Les phases de la modélisation

Il ne s'agit pas seulement de trouver des données mais il convient de les structurer de manière cohérente dans une base de données. L'objectif de la modélisation des données est de fournir dans une base une représentation parfaite du territoire à la fois simplifiée mais aussi la plus complète possible.

2.2.1. Les principaux modèles

La modélisation du S.G.B.D. s'inscrit dans le processus global de planification du S.I.G. Il s'agit d'une action qui concerne à la fois les données et les traitements.

Elle s'effectue en trois phases:

- on construit d'abord un modèle conceptuel qui identifie les entités et les relations qui seront décrites dans la B.D. et le S.I.G. Le modèle conceptuel est indépendant du logiciel et du matériel,

- on traduit ensuite le modèle conceptuel pour élaborer le modèle logique qui tient compte des contraintes reliées au logiciel et à son fonctionnement mais demeure indépendant du matériel,
- enfin, le modèle physique prévoit toutes les circonstances et particularités reliées à la mise en oeuvre du système en considérant les paramètres de son implantation physique sur un système informatique particulier.

Ces trois phases peuvent se résumer au tableau 2.1

Etude de faisabilité

Modélisation des données		Modélisation des traitements	
1) définir des buts du système 2) identification des entités 3) inventaire des liens 4) spécification des liens 5) production du schéma conceptuel	↓ Modèle conceptuel	1) inventaire des besoins de traitement 2) identification des opérations globales requises 3) spécification des procédés de traitement 4) production du schéma d'architecture du système	
1) production du diagramme structurel 2) choix de la structure de base de données a) hiérarchique b) réseau c) relationnelle d) orienté objet	↓ Modèle logique	1) intervention des besoins de traitement 2) identification des opérations globales requises 3) spécification des procédés de traitement 4) production du schéma d'architecture du système	
1) choix des logiciels d'application et du système d'informations 2) répartition des données dans les tables (structuration)	↓ Modèle physique	1) choix des logiciels d'application et du système d'informations 2) réalisation des tâches d'analyse de programmation et d'adaptation (implantation)	

Intégration et réalisation du SIG

Tableau 2.1 : Les phases de la modélisation SIG

2.2.2 Autres modèles

2.2.2.1 Le modèle entités-relations

Les types de données varient d'un logiciel à l'autre mais incluent toujours les nombres entiers, les nombres réels, les valeurs textuelles et les dates. Certains logiciels sophistiqués peuvent traiter des objets, des images, des listes de photographies, des séquences vidéo, etc.

Les opérations classiques d'un S.G.B.D. incluent le tri des dossiers, l'édition et l'effacement des données, la sélection des enregistrements en utilisant des critères, la production de rapports, l'extraction de données, etc.

Le langage de définition des données permet de décrire le contenu de la B.D.: noms des attributs, type de données, méta données, etc.

Le langage de recherche permet de formuler des requêtes visant à sélectionner les dossiers qui répondent à un ensemble de critères. Le langage S.Q.L. (Structured Query Language) est maintenant normalisé et disponible dans plusieurs logiciels.

Plusieurs S.G.B.D. fournissent des outils de programmation permettant de définir des tâches récurrentes, des vues externes, des masques de saisie, des formulaires de rapport, etc.

Un S.G.B.D. utilise une structure interne pour organiser les données:

- ◆ tabulaire (données en tableau simple comme dans un tableur),
- ◆ hiérarchique (tables organisées en fonction d'une hiérarchie),
- ◆ en réseau (tables disposées pour former des réseaux),
- ◆ relationnel (données réparties dans des tables de relation),
- ◆ orienté objet (données structurées avec le concept d'objet).

2.2.2.2 Le modèle hiérarchique

Le modèle hiérarchique repose sur un découpage de la réalité en plusieurs niveaux formés par des entités mutuellement exclusives qui effectuent une partition exhaustive du domaine. Les entités de chaque niveau sont imbriquées les unes dans les autres, les entités de rang inférieur étant regroupées pour former une entité de rang supérieur.

Ce modèle est couramment utilisé pour effectuer la partition de l'espace en unités administratives où les juridictions sont exclusives entre les entités qui occupent un même rang de la hiérarchie.

Ce type de structure est habituellement accompagné d'un système de géocodes hiérarchiques qui transcrivent dans une seule chaîne de caractères la position de chacune des entités au sein de la hiérarchie.

Chapitre III : EVALUATION DES DEGRADATIONS DE LA CHAUSSEE

L'évaluation des chaussées fournit les renseignements nécessaires à la programmation des investissements et de l'entretien en précisant les sections déficientes du réseau routier, pour qu'ainsi les besoins de reconstruction soient bien identifiés. Dans le cas de construction neuve, des données d'évaluations de sections existantes peuvent permettre des designs plus réalistes et une mise en œuvre plus adaptée.

L'évaluation est donc essentielle à une bonne gestion. Elle se rattache à toutes les autres activités d'un système de gestion, tels la programmation des investissements, le design, la construction, l'entretien et la recherche. Il est pratiquement impossible d'opérer efficacement sans de telles données.

La quantité de détails et la fréquence des mesures nécessaires dans l'évaluation dépendent de l'organisation et des besoins particuliers de chaque organisme. De toute manière tout organisme devrait comprendre dans ses activités spécifiques ou reconnues l'évaluation des chaussées.

3.1 But de l'évaluation de la chaussée

La mesure des caractéristiques des chaussées et l'analyse des données qui s'ensuit à trois grands objectifs :

- vérifier si la fonction recherchée et le comportement attendu de la chaussée sont obtenus,
- fournir de l'information en vue d'une planification des besoins de reconstruction de chaussées existantes,
- fournir de l'information permettant d'améliorer les techniques de design, de construction et d'entretien.

3.2 Principaux genres d'évaluations

L'évaluation des chaussées peut impliquer un ou plusieurs relevés concernant :

- ✓ la capacité de support,
- ✓ la dégradation ou les défauts,

- ✓ certains facteurs affectant directement l'utilisateur, tels que le confort, la sécurité et l'apparence,
- ✓ les coûts et les bénéfices pour les usagers en regard du niveau de service et des diverses mesures de réfections.

3.3. Facteurs pouvant affecter la détérioration de la chaussée

Plusieurs facteurs peuvent individuellement ou conjointement influencer sur le taux de dégradation d'une chaussée et, par la suite, sur le niveau de service qui est offert aux usagers. Parmi ces facteurs on peut noter :

- ◆ le trafic,
- ◆ le climat et l'environnement,
- ◆ l'épaisseur des couches,
- ◆ les caractéristiques des matériaux constitutifs de chaque couche et de l'infrastructure,
- ◆ les facteurs reliés à la construction,
- ◆ les facteurs reliés à l'entretien.

Un système de gestion routière doit tenir compte de chacun de ces facteurs, même s'ils ne sont pas tous contrôlables. Ils se manifestent de diverses façons. A titre d'exemple, on peut citer une portance amoindrie, une diminution de l'uni, divers types de dégradations (fissuration, distorsion, nids de poules...) et une glissance accrue.

3.4. Evaluation des facteurs

3.4.1 Evaluation de la qualité d'une chaussée

La principale caractéristique opérationnelle d'une chaussée réside dans sa qualité ou dans le niveau de service qu'elle fournit aux usagers. La variation de ce niveau de service sert à mesurer le comportement de la chaussée. Cette variation est mesurée par un indice de roulement.

L'indice de roulement (I.R.)est une mesure subjective de la qualité de roulement d'une chaussée. Cet indice représente le jugement de l'utilisateur moyen. Il est mesuré à l'aide d'un échantillonnage représentatif des usagers.

L'échelle de l'indice de roulement est divisée en cinq groupes comme représenté au tableau 3.1.

Très bon		Bon		Moyen		Mauvais		Très mauvais	
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tableau 3.1 : Échelle de l'indice de roulement

3.4.2 Sécurité des revêtements

L'évaluation de la sécurité des revêtements de chaussée se traduit ordinairement en termes de dérapage ou de glissance. Les risques d'accidents comportent plusieurs phénomènes :

- la glissance,
- les ornières ou traces profondes permettant l'accumulation d'eau entraînant des dangers d'aquaplanage,
- la réflexion de la lumière,
- la démarcation des voies,
- les débris ou autres objets, particulièrement sur les pistes d'aéroport.

Un seul de ces facteurs peut parfois créer une situation dangereuse. La glissance mesurée par l'adhérence est le facteur le plus courant.

3.5. Evaluation de la dégradation de la chaussée

Relevé de l'état des revêtements

La mesure des conditions de la surface des chaussées a lieu périodiquement dans la plupart des organismes responsables de la voirie qui la considèrent comme une mesure de l'habilité de la structure de la chaussée à continuer à fournir au public le service prévu. Les relevés de l'état des revêtements servent, avec l'indice de roulement, l'adhérence et d'autres mesures, à déterminer un entretien pour prévenir une dégradation accélérée de la chaussée ou les mesures de réparation nécessaires à son amélioration.

Ces relevés impliquent habituellement un nombre considérable de détails. Ils comprennent non seulement le genre de dégradation rencontré mais aussi l'étendue du dommage, sa sévérité et sa localisation.

Les relevés de l'état des revêtements mesurent différents genres et degrés de dégradations telles que la fissuration et la déformation. Certains organismes incluent également, dans ce qu'ils appellent un relevé ou une évaluation de la surface, les mesures de la glissance et de la rugosité. Inclure ou non de tels facteurs dans cette définition est un choix qui appartient à chaque organisme mais toutes ces composantes des conditions de la surface d'une chaussée doivent être prises en compte dans l'évaluation globale.

Le format des formulaires varie d'une structure à une autre. En général ils contiennent les facteurs généraux suivants :

- les défauts de surface,
- la déformation ou distorsion permanente,
- la fissuration,
- le rapiéçage.

Chapitre IV LA GESTION DE L'ENTRETIEN

Plusieurs organismes reconnaissent maintenant que l'effort consenti à l'entretien des chaussées est directement proportionnel à la qualité des services qu'on en retire. On ne peut donc parler de gestion de routière en ignorant 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, le design et la construction des infrastructures routières. Par conséquent il sera nécessaire de se donner une approche systématique pour la gestion de 'entretien permettant entre autres de connaître ses coûts d'entretien et d'évaluer ses méthodes de travail.

La définition qu'on peut donner à l'entretien varie d'une concession à une autre. Ainsi l'entretien d'une chaussée peut se référer à des activités, tels que le rapiécage, l'enduit de pierre ou autres activités qui sont nécessaires pour assurer un niveau de service donné. Toutes ces activités sont effectuées sur une portion de section pouvant aller jusqu'à quelques centaines de mètres. Une amélioration sur toute la longueur d'une section de contrôle ou d'une section homogène ne devrait pas être considérée comme de l'entretien mais plutôt comme une réhabilitation.

Un système de gestion routière englobe généralement des activités comme la tonte du gazon, la signalisation, le marquage des chaussées, l'entretien des fossés, des haltes routières. Les éléments d'un système de gestion peuvent se résumer sur la figure 4.1

4.1 La nécessité et l'intérêt de l'entretien routier

L'entretien du réseau est depuis longtemps considéré comme une des tâches fondamentales de l'état. Aujourd'hui, dans les pays en développement, cette tâche semble avoir une importance accrue. En effet, dans ces pays, les ressources en capital sont rares et à partager entre de nombreux besoins, tout pressants. Il est donc logique de penser que l'entretien de cet outil de travail au niveau du pays que représente le réseau routier national est encore plus bénéfique que dans les pays industrialisés, car, 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, son entretien régulier devient beaucoup moins cher qu'une reprise après une ou plusieurs années d'abandon.

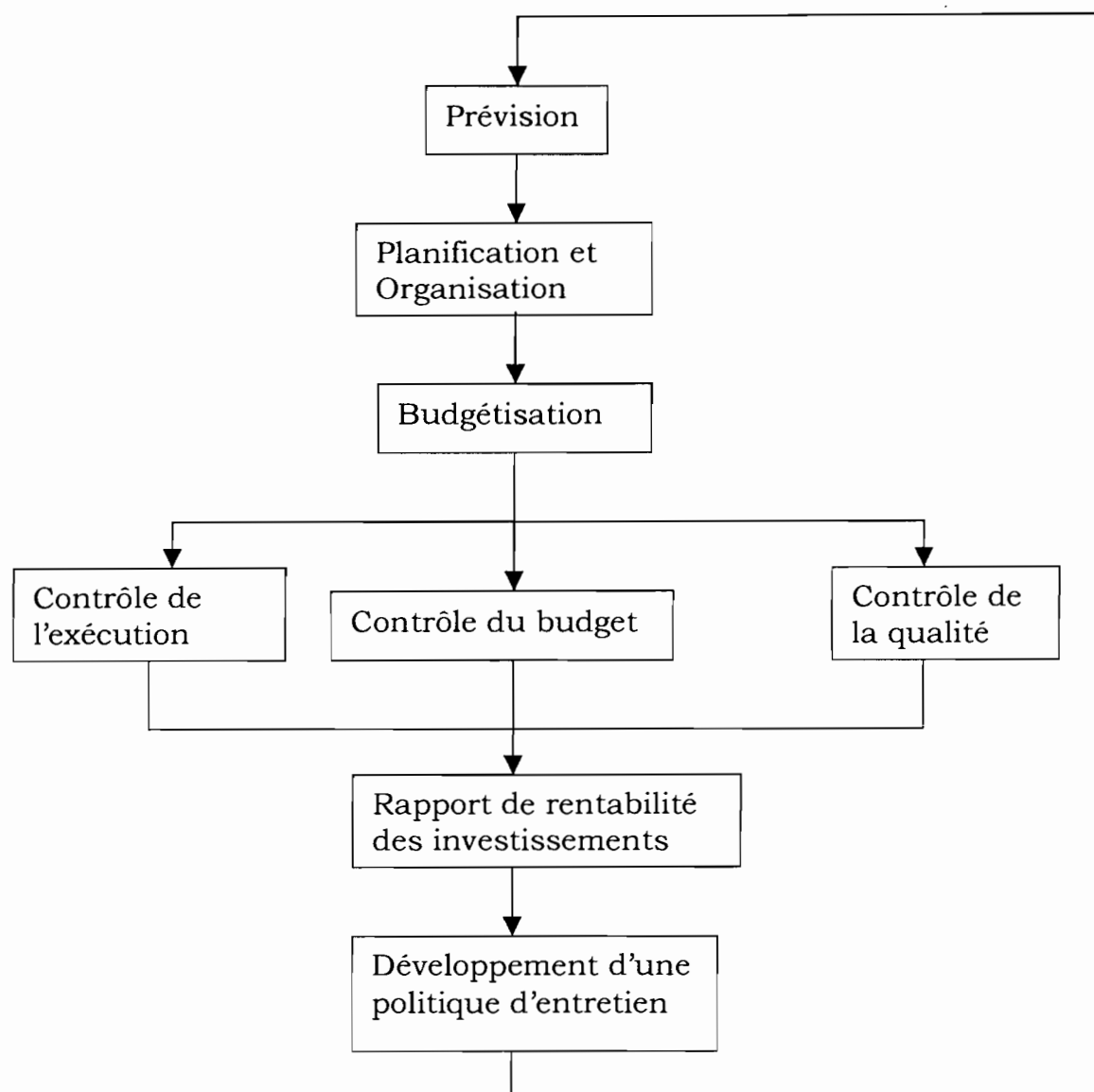


Figure 4.1 Organisation de la gestion de l'entretien

4.2 Entretien la route au bon moment et au bon endroit

Il est peu probable qu'un entretien soit nécessaire 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. 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 de route en parfait état des deux côtés seront inutilisables. Une stratégie appropriée permettra d'éviter des résultats décevants. Plusieurs pays développés ont, par exemple, des routes qui se détériorent rapidement malgré de lourdes dépenses pour leur entretien périodique.

4.3 Principaux objectifs de l'entretien

L'objectif 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. Pour répondre à ces attentes, le système de gestion doit fournir des réponses aux deux questions fondamentales suivantes :

- telle activité de gestion de l'entretien est-elle réalisée de la façon la plus économique possible ?
- telle activité constitue -t-elle le moyen le plus efficace et le plus économique d'assurer au revêtement le niveau de service désiré ?

Au regard de la gestion routière, l'un des rôles majeurs de la fonction entretien est de déterminer pour un revêtement donné, les coûts requis pour obtenir différents niveaux de services. Un tel type d'information est essentiel.

De façon plus générale, les objectifs du secteur 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,
- colliger¹ les données pertinentes relatives au coût d'entretien des différentes parties du réseau et chaque type de chaussée.

¹ Recueillir

4.4 L'entretien de la chaussée et de son environnement

A l'intérieur de la route, la chaussée joue un rôle principal de permettre la circulation des véhicules.

Les facteurs qui influencent sur le comportement des chaussées sont le trafic (lourd essentiellement), le climat, les matériaux et le sol support. Les dépendances de la chaussée (accotements, talus, et drainage) doivent limiter les effets négatifs du climat sur la chaussée, essentiellement ceux de l'eau.

Le comportement de la chaussée dépend directement de celui de ces dépendances. Par conséquent, il serait fatal d'isoler l'entretien de la chaussée de celui de son environnement.

4.5 Le trafic : Paramètre important dans la gestion de l'entretien

Les chaussées sont dimensionnées vis à vis du trafic poids lourd. La méthode de calcul implique la conversion, en un nombre cumulé NE de passage d'essieux de référence, du trafic réel constitué de combinaisons variables de véhicules ayant des charges à l'essieu et des configurations d'essieux différentes.

Les relations d'équivalence entre essieux différents sont des équivalences d'endommagements unitaires. Elles sont tirées de calculs des sollicitations dans la structure des chaussées et tiennent compte du comportement en fatigue des matériaux.

4.5.1. Données sur le trafic

Les données sur le trafic sont essentielles à la budgétisation et aux designs. Elles sont utiles aussi pour certains aspects de la construction et de l'entretien. Il est donc important de déterminer les volumes, les charges et les classifications des trafics pour pouvoir estimer les coûts et bénéfices des programmes d'investissement et d'évaluation économique des projets. Tout ceci permettra de cédule correctement les opérations de construction et d'entretien. Ainsi, pour le choix en particulier entre les classes de produits ou de matériaux de chaussée, il est fait usage de la notion de classe de trafic. Cette division de classes de trafic est déterminée à partir du nombre de poids lourd journalier moyen (MJA) de la voie

la plus chargée pendant l'année de mise en service. Les classes sont définies par les limites données par le tableau 4.1

Classes	T ₅		T ₄		T ₃		T ₂		T ₁		T ₀		T _s		T _{ex}
					T ₃ ⁻	T ₃ ⁺	T ₂ ⁻	T ₂ ⁺	T ₁ ⁻	T ₁ ⁺	T ₀ ⁻	T ₀ ⁺	T _s ⁻	T _s ⁺	
MJA	0	25	50	85	150	200	300	500	750	1200	2000	3000	5000		

Tableau 4.1 : Définitions des classes de trafics

4.5.2 Le trafic équivalent

Le nombre équivalent à d'essieux de référence correspondant au trafic poids lourd cumulé sur la durée initiale de calcul retenue caractérise le trafic lors du calcul de dimensionnement. Ce nombre N.E est fonction :

- ◆ des valeurs escomptées du trafic à la mise en service et du taux de croissance (pendant la durée initiale de calcul),
- ◆ de la composition du trafic (distribution des natures d'essieux et des charges à l'essieu),
- ◆ de la nature de la structure de la chaussée.

Il est déterminé par la relation suivante.

$$NE = N * CAM$$

Avec N = nombre cumulé de poids lourd pour la période de calcul de p années.

CAM = agressivité moyenne du poids lourd par rapport à l'essieu de référence.

4.5.3. Calcul du nombre total N de poids lourds

La formule générale est la suivante:

$$N = 365 * MJA * C$$

Où C est le facteur de cumul sur la période de calcul.

4.5.4. Agressivité du trafic en poids lourds

En principe, le nombre de poids lourds pris en compte au cours de l'année de mise en service de la route doit être affecté d'un coefficient qui traduit l'agressivité du trafic sur le tronçon considéré. Ce coefficient d'agressivité dépend à la fois du matériau, du type d'endommagement de la structure des chaussées, de la composition même du trafic et de la vocation de la route.

Le coefficient d'agressivité est exprimé par le nombre d'essieu standard. Ce dernier n'est autre que le nombre de poids lourds type qui circule sur la route.

En l'absence de résultats d'une campagne de pesage, essieu par essieu des véhicules lourds circulant les divers tronçons afin d'établir le spectre d'essieux correspondant à la population de ces poids lourds. Un coefficient d'agressivité de un a été retenu. Ce qui permet de retenir compte des véhicules lourds en surcharge.

Par conséquent pour déterminer les classes de trafics nécessaires au dimensionnement du renforcement des routes, le nombre d'essieux équivalent de 13 tonnes à été pris égal au nombre de poids lourds.

Calcul de l'agressivité d'un trafic

Connaissant l'histogramme de charge par type d'essieux pour un trafic donné, l'agressivité de ce trafic est qualifiée par le coefficient CAM, correspondant à l'agressivité moyenne du poids lourd composant ce trafic par rapport à l'essieu pris pour référence.

$$CAM = \frac{1}{NPL} * \left[\sum_i \sum_{j=1}^3 K_j * n_{ij} * \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^2 \right]$$

Avec

NPL = nombre de poids lourds pendant la période de comptage

K_j = coefficient correspondant au type d'essieu

j = 1 essieu simple j = 2 essieux tendem j = 3 essieu tridem.

n_{ij} = nombre d'essieux élémentaires de type j classe de charge P_i.

4.5.5. Le choix de la stratégie d'investissement et d'entretien

Choisir une stratégie d'investissement et d'entretien, c'est définir les moyens pour maintenir dans le temps le niveau de service qui a été fixé comme objectif sur une partie homogène du réseau routier. Par moyens, il faut entendre les coûts de construction (investissement initial ou de réhabilitation dans le cas de chaussée dégradée) et les coûts d'entretien ultérieurs.

L'étude comparative de ces stratégies nécessite une approche économique, en raisonnant à long terme et en tenant compte d'éléments aléatoires et la croissance du trafic. Elle consiste à comparer pour toutes opérations :

- les dépenses, c'est à dire les coûts des travaux de construction, de remise en état et d'entretien,
- les avantages associés principalement aux améliorations de sécurité, aux gains de temps, aux réductions de coûts de fonctionnement des véhicules et aux effets indirects sur l'économie.

La stratégie est généralement celle qui minimise les dépenses actualisées sur une période de référence en fonction des contraintes budgétaires.

4.5.6. Choix d'une durée de référence pour la comparaison de stratégie

La durée de référence doit être prise suffisamment longue :

- pour que les différences de comportement et donc d'entretien entre les chaussées conçues pour des durées et des risques de calculs différents puissent apparaître,
- pour que les interventions d'entretien structurales soient nécessaires sur les chaussées dont l'évolution des dégradations est la plus lente.

Cette durée sera choisie d'autant plus longue que le taux d'actualisation est faible. L'allonger exagérément introduit une part d'arbitrage dans la définition de l'entretien ultérieur, alors que l'actualisation minimise son poids dans le calcul économique.

En pratique, pour une durée de calcul de l'investissement initiale de 20 ans associée à un risque faible, les comparaisons économiques entre type de structures sont menées sur une période de 30 à 40 ans.

4.5.7. Implication sur le choix des techniques de chaussée

Après avoir défini la stratégie d'investissement et d'entretien permettant d'atteindre les objectifs de niveau de services visés, il reste à choisir la ou les solutions techniques adaptées. En effet les techniques disponibles ne sont pas toutes équivalentes sur le plan de l'évolution du niveau de service. La considération de leur mode de fonctionnement fournit déjà une première grille d'analyse.

- ✓ les structures en béton étant sensibles ou sous dimensionnées et ne pouvant être entretenues avec des tapis minces, doivent être construites pour une longue durée,
- ✓ Dans le cas des structures à assises traitées aux liants hydrauliques, le risque d'endommagement croît très vite avec une réduction de l'épaisseur de la chaussée. L'épaisseur de la couche d'enrobés qui joue un rôle important d'étanchéité et de protection de la partie supérieure de l'assise ne peut être réduite de façon sensible sans compromettre rapidement la résistance de l'ensemble. Ce type de structure est mal adapté à un aménagement progressif,
- ✓ avec les structure mixtes, une réduction de l'épaisseur de grave-bitume de la structure initiale doit être compensée par une croissance de celle de la couche de grave traitée aux liants hydrauliques, ce qui amène à un gain de faible sur l'épaisseur de la chaussée. La réduction de l'épaisseur de la couche de grave-bitume augmentant la vitesse de remontée des fissures doit conduire à une certaine prudence. Ces structures s'accommodent ainsi mal d'une construction progressive,
- ✓ les chaussées souples granulaires peuvent présenter un bon niveau initial de confort et de sécurité, mais l'uni tend le plus souvent à se dégrader rapidement, ce qui est peu compatible avec le maintien d'un niveau de service élevé en terme de sécurité et de confort. Ceci tend à réserver ces structures à des routes d'intérêt secondaire dans le cadre d'une stratégie d'investissement initial assez faible accompagné d'un entretien plutôt curatif.

4.6 Niveau de gestion de l'entretien

Plusieurs organismes de voiries ont trois niveaux distincts de gestion dans les secteurs de la planification, du design, de la construction et de l'entretien ; ces niveaux sont établis sur la base centrale, régionale et locale.

Le nombre de niveaux de gestion dépend de l'étendue et de la complexité du réseau de route à gérer. Dans les grandes administrations, par exemple, il peut exister un niveau de gestion supérieur aux trois niveaux mentionnés plus haut ; il comprend la responsabilité totale du réseau dans plus d'un secteur d'activités. Dans des organisations plus restreintes,

telles de petites municipalités, les deux ou même les trois niveaux de gestion cités peuvent être réunis en un seul.

Dans la plupart des Ministères les mêmes paliers décisionnels sont ceux local, régional et central. La figure 4.2 illustre les relations existant entre ces divers paliers.

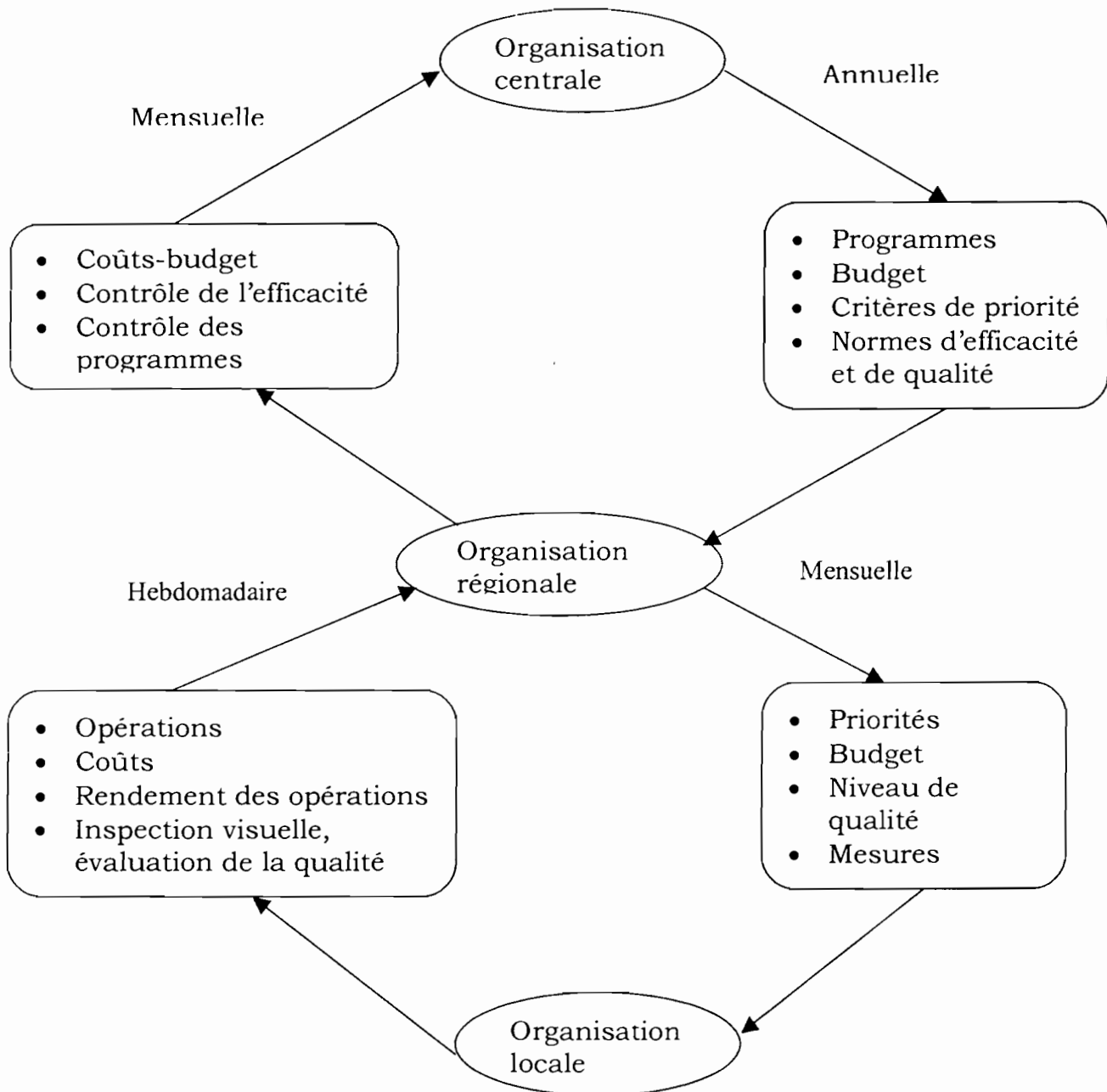


Figure 4.2 Paliers de gestion de l'entretien et fréquence des rapports

4.7 Définir des priorités

Pour maximiser l'impact, des priorités claires doivent être établies. Une route nationale supportant un trafic longue distance a un rôle très différent d'une route de desserte locale. Cette hiérarchie fonctionnelle est normalement apparente en termes de volume de circulation et de classification de la route (nationale, régionale, locale, etc.). Des ressources limitées impliquent toujours des décisions difficiles. Par conséquent, les décideurs ont besoin d'une vue d'ensemble de leur réseau routier, classé par type, état et niveau de trafic. Ils peuvent ensuite agir de façon uniforme pour toutes les routes dans chaque catégorie. Tout d'abord, ils peuvent envisager de concentrer les ressources sur les routes les plus importantes et les plus utilisées, abordant seulement les problèmes critiques sur les plus petites routes à faible circulation. Cela est loin d'être l'idéal mais c'est beaucoup mieux qu'ignorer complètement le problème. Il faut toutefois se souvenir que pour toutes les routes, les coûts de réhabilitation augmentent inexorablement chaque année faute d'entretien. L'idéal est, par conséquent, de viser un entretien efficace pour toutes les routes utiles.

Chapitre V DEMARCHES GENERALES

5.1 Acquisition des données

L'acquisition des données est une phase très importante dans un système d'informations géographique pour une gestion efficace. En effet les données existantes sont dispersées dans différentes structures. Il serait donc important de les regrouper dans une base de données.

Une étude documentaire nous a permis de recueillir quelques données existant au niveau de la Direction des Travaux Publics. Cette dernière ne disposait pas de toutes les données, nous nous sommes donc rabattus à l'Agence Autonome des Travaux Routiers pour compléter ces données.

Les données que nous avons pu trouver étaient surtout des données numériques essentiellement sur le réseau classé. Ces données sont relatives aux :

- routes nationales de N0001 à N0007,
- routes régionales de R0010 à R0070,
- routes départementales de D0100 à D0713,
- pistes répertoriées de P010 à P0705,
- voies urbaines de VU100 à VU709.

5.2 Organisation des données

Une fois que ces données sont recueillies, nous les avons regroupées par thème. Ainsi toutes les informations intéressantes du point de vue technique et tournant autour d'un tronçon de route donnée sont regroupées. Cette classification sera de cette forme :

Route

nom : renvoie au nom de la route ;

point origine : ceci détermine le point de départ du tronçon ;

point destination : c'est le point final du tronçon ;

long : longueur du tronçon ;

ann_const : année de construction.

Infrastructure

code_infr : code d'identification qui renvoie au tronçon donné ;

couch_form : nature de la couche de forme ;

sous-couche : nature des matériaux d'apport de sous couche.

Superstructure

cod_sup : code d'identification qui renvoie au tronçon donné ;

mat_fond : matériau de fondation ;

epais_fond : épaisseur de fondation ;

mat_base : matériaux de base ;

epai_base : épaisseur de la couche de base ;

nat_surf : nature de la couche de surface ;

epais_surf : épaisseur de la couche de surface ;

nat_acc : nature de l'accotement ;

larg_acc : largeur de l'accotement.

Trafic

code_traf : code qui renvoie au tronçon donnée ;

type_traf : type de trafic ;

véh_lourds : volume des poids lourds ;

véh_légers : volume trafic léger ;

TMJA : trafic moyen journalier annuel ;

dat_mis_jr : dernier date de comptage.

Uni

code_uni : code qui renvoie au tronçon ;

IRI : indice de rugosité international qui caractérise l'uni de la chaussée ;

dat_mis_jr : date de mesure.

Dégradation

code_deg : code qui renvoie au tronçon donné ;

type_deg : type de dégradation notée ;

Id : indice de dégradation ;

date_mis_jr : date de mesure des dégradations.

Programme d'entretien et de renforcement

code_prog : code qui renvoie au tronçon concerné par ce programme

prog_en_cours : programmes d'intervention en cours

prog_prev : programmes prévus dans le futur.

5.3. Saisi et mise en forme des données

Le but de cette étape est de construire une base de données organisée de la manière la plus efficace possible et à partir de laquelle des informations vont pouvoir être extraites par des procédures d'analyses. Les modes de saisie varient selon la nature des données et les technologies disponibles.

5.3.1. Saisie des données

Les attributs thématiques sont souvent entrés au clavier dans des logiciels de SGBD ou de tableur. Les méthodes de reconnaissance automatique de caractères (OCR) peuvent donner des résultats intéressants mais nécessitent une période d'entraînement.

Les données cartographiques peuvent être saisies avec des systèmes basés sur la localisation manuelle effectuée par un opérateur qui positionne un appareil branché à l'ordinateur sur le document cartographique (par exemple avec un numériseur); sur l'extraction automatique de données spatiales à partir de cartes et de photographies (par exemple avec un scanner); enfin, sur la conversion directe à partir d'autres sources numériques (par exemple fichiers ou GPS).

Les méthodes de collecte doivent être choisies en fonction de la nature du document source, des besoins indiqués par les objectifs du SIG, des coûts de production (en temps et argent), des délais de production admissibles et des contraintes technologiques liées à la production (par exemple taille des fichiers intermédiaires qui doivent être traités).

5.3.2. Mode de représentation

Il est important de choisir le mode de représentation le plus adapté aux éléments à analyser. C'est un élément interne fondamental de la carte thématique. On le sélectionne en fonction de l'analyse des composantes statistiques de la carte. Ces composantes à analyser sont :

- La nature des données à traiter (qualitatives nominales, etc.)
- Le mode d'implantation du phénomène (point, ligne, zone)
- La variable visuelle la mieux adaptée.

Dans les SIG il existe deux principaux modes de représentation :

- ✓ le mode raster qui est surtout utilisé pour les images et
- ✓ le mode vecteur pour les représentations en ligne, polygones ou polylignes.

Ce dernier mode est celui utilisé dans le cadre de notre système d'information. En mode vecteur chaque objet est défini de manière explicite par des points (repérés par des coordonnées X et Y), des lignes (formées de points) et des polygones (formés de lignes).

Les attributs des entités spatiales sont stockés dans des tables de données. Leurs relations avec les attributs thématiques peuvent être directes ou indirectes.

5.4. Traitement des données

Pour être traitées dans un Système d'Informations Géographique, les données doivent être saisies et structurées dans un format numérique compatible avec le traitement informatique. La nature diversifiée des données disponibles suppose un nombre important de méthodes de saisie.

Le processus de saisie doit être automatisé dans la mesure du possible. Cependant, la saisie automatisée cause souvent de graves problèmes qui nécessitent une édition coûteuse des données déficientes. On doit souvent redessiner au préalable les documents sources pour pouvoir effectuer une saisie totalement automatique.

Les processus de saisie avec supervision d'un opérateur sont plus lents mais génèrent souvent des données de meilleure qualité qui nécessitent moins d'édition ultérieure. Il faut cependant établir des normes de production détaillées et rigoureuses afin de combiner des données numérisées par plusieurs opérateurs.

La mise en commun et le partage de données numériques est un des meilleurs moyens de réduire les coûts d'acquisition tout en maximisant les retombées.

Chapitre VI APPLICATION DU LOGICIEL ArcVIEW

6.1. Généralités

Le logiciel ArcVIEW est devenu le SIG cartographique et le SIG bureautique de référence. Outil puissant permettant de visualiser, explorer, interroger et analyser les données géographiques, il permet très rapidement de manipuler diverses sortes de données et de manière concomitante.

Le logiciel est livré avec une base de données dans laquelle on peut extraire différentes cartes des pays du monde.

6.2. Création de la carte de base

C'est dans la base de données des cartes d'ArcVIEW que nous avons extrait celle du Sénégal. Pour se faire, nous avons ouvert la carte du monde de l'année 1998 à partir du chemin C:\ESRI\ESRIDATA\World Map. Ensuite, les thèmes qui ne nous intéressent pas sont éliminés. Après cela on entre dans la zone des légendes en faisant un double-clic sur le symbole représentant les pays du monde en 1998. De là tous les pays sont éliminés sauf le Sénégal qui représente notre carte de base pour le reste des travaux.

6.3. Ajouter un nouveau thème

Une fois la carte créée, les données tabulaires (coordonnées des villes en latitudes et longitudes) de types dBase sont ajoutées. Les tables éditées du logiciel nous ont permis de compléter notre base de données relatives à des thèmes déjà créés.

L'ajout de nouveaux thèmes se fait en suivant le schéma suivant:

- ◆ Pointer sur View du menu déroulant ;
- ◆ Sur la barre qui défile choisir nouveau thème ;
- ◆ Choisir le point pour représenter les localités, la ligne pour des données linéaires ou les polygones pour les surfaces ;
- ◆ Donner le nom du thème ;
- ◆ Cliquez sur OK ou appuyez sur entrée du clavier.

Ainsi nous avons créé la carte montrée à l'annexe 1 qui comprend les routes nationales et quelques localités du Sénégal.


Le tracé des tronçons de route nécessite une certaine attention. En effet il existe des interrelations entre les thèmes et les tables qui nécessitent d'entrer les données suivant la succession du tracé des tronçons.

Après avoir créer le thème il faudra entrer les données qui seront traitées dans la suite. Pour cela il va falloir augmenter les colonnes pour mettre les différentes caractéristiques du thème.

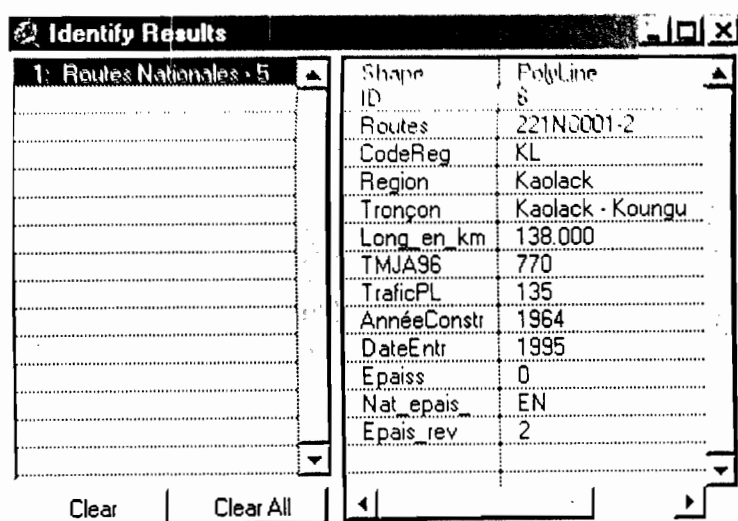
6.4. Identification sélection des données d'études

Après la saisie des données, on peut commencer à faire le traitement en les interrogeant. Ainsi, on peut identifier des entités se trouvant sur un thème déjà défini.

Pour le faire on suit les étapes suivantes :

- ✓ Dans la table des matières de la vue, cliquez sur le thème concernant l'entité qu'on veut identifier afin de l'activer ;
- ✓ Cliquez sur l'outil identification 
- ✓ Cliquez sur l'entité à identifier. L'entité se met alors à clignoter dans la vue et ses attributs apparaissent dans la fenêtre identifier les résultats.

Comme exemple nous avons identifier les attributs relatifs au tronçon de route entre Kaolack et Kounghoul. La fenêtre identifier les résultats est présentée à la figure 6.1.




Identify Results	
1: Routes Nationales - 5	Shape PolyLine
	ID 8
	Routes 221N0001-2
	CodeReg KL
	Region Kaolack
	Tronçon Kaolack - Kounghoul
	Long_en km 138.000
	TMJA96 770
	TraficPL 135
	AnnéeConstr 1964
	DateEntr 1995
	Epais 0
	Nat_epais EN
	Epais_rev 2

Figure 6.1 Identification d'une entité appartenant un thème

La valeur nulle qui apparaît au niveau de l'épaisseur représente des données manquantes.

Les attributs peuvent aussi être recherchés à l'aide d'une requête. Une requête permet de définir avec précision ce qu'on veut sélectionner. Dans la mesure où on peut utiliser plusieurs attributs, opérateurs et calculs dans une requête, elle constitue un moyen particulièrement efficace de sélectionner des entités.

Ainsi pour générer la requête on suit les étapes suivantes :

- ✓ Cliquez sur le nom du thème contenant les entités recherchées afin de l'activer ;
- ✓ Cliquez sur le bouton générateur de requête 
- ✓ La boîte de dialogue qui s'affiche à l'écran nous permet de formuler notre requête en entrant ou en cliquant sur les des champs, des opérateurs et des valeurs. Cette boîte de dialogue est exposée à la figure 6.2.

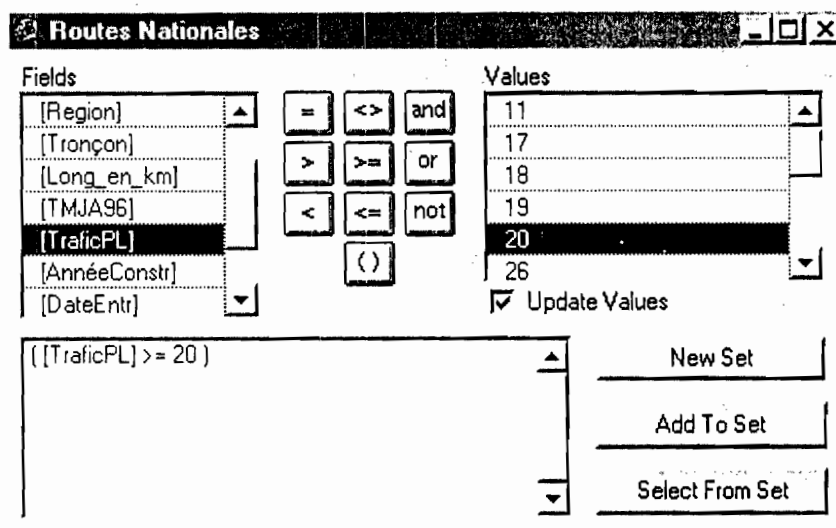


Figure 6.2 Génération de requête

- ✓ Dans la liste des champs, cliquez deux fois sur un champ quelconque (TraficPL par exemple) pour entrer dans la requête ;
- ✓ Cliquez sur le bouton \geq pour entrer l'opérateur \geq dans la requête ;
- ✓ Taper une valeur représentant le critère de sélection ;
- ✓ Cliquez sur le bouton Select from Set.

Si la requête est exécutée, les objets sur lesquels elle s'applique sont en couleur jaune. Le résultat est affiché sur la figure 6.3.

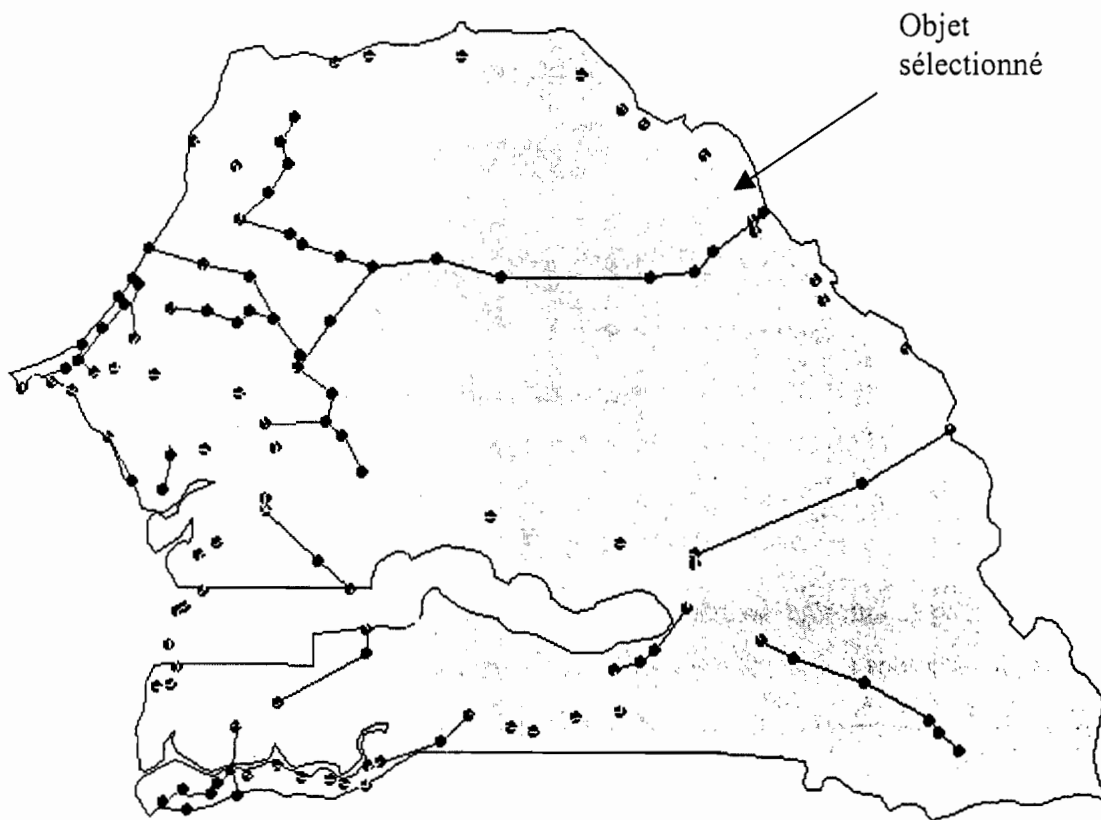


Figure 6.2 Sélection d'entités à partir d'une requête

Chapitre VI CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Au terme de cette étude, il apparaît qu'une bonne gestion du patrimoine routier doit s'appuyer sur la connaissance des caractéristiques du réseau routier et des facteurs qui influencent la construction routière. Ainsi pour mettre en place un système de gestion il sera primordial de constituer une base de données riche et cohérente.

Les systèmes d'informations géographiques permettent non seulement de constituer cette base de donnée mais aussi de faire une représentation correcte de la réalité. C'est dans cet angle que le projet est traité pour montrer comment les SIG nous aident à prendre les décisions qu'il faut au bon moment.

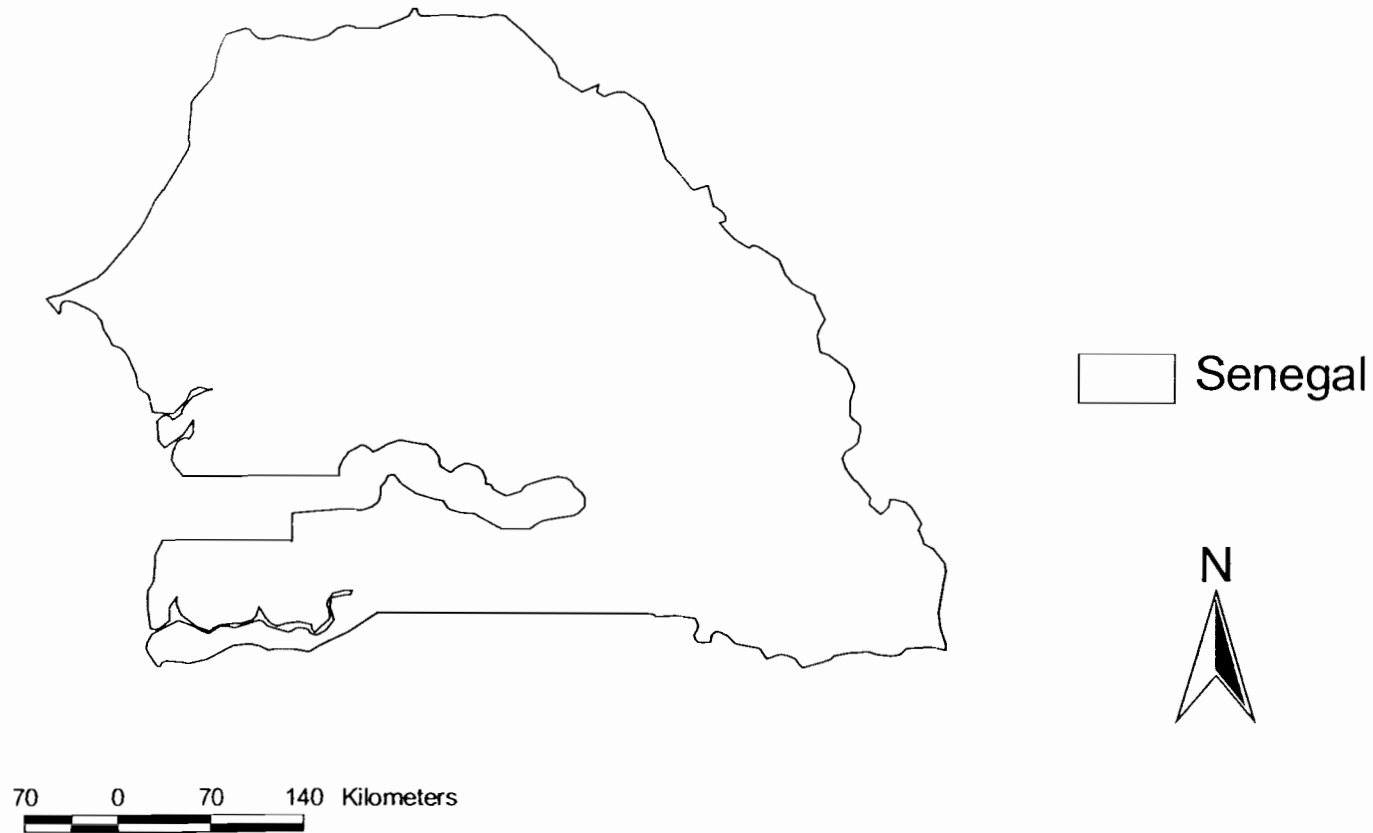
En effet, le sujet a été traité seulement sur les routes nationales par manque de temps. A cela s'ajoute un manque d'informations crucial sur les autres routes.

Enfin on peut dégager certaines recommandations pour la réalisation d'un système de gestion des routes. Ces recommandations sont les suivantes :

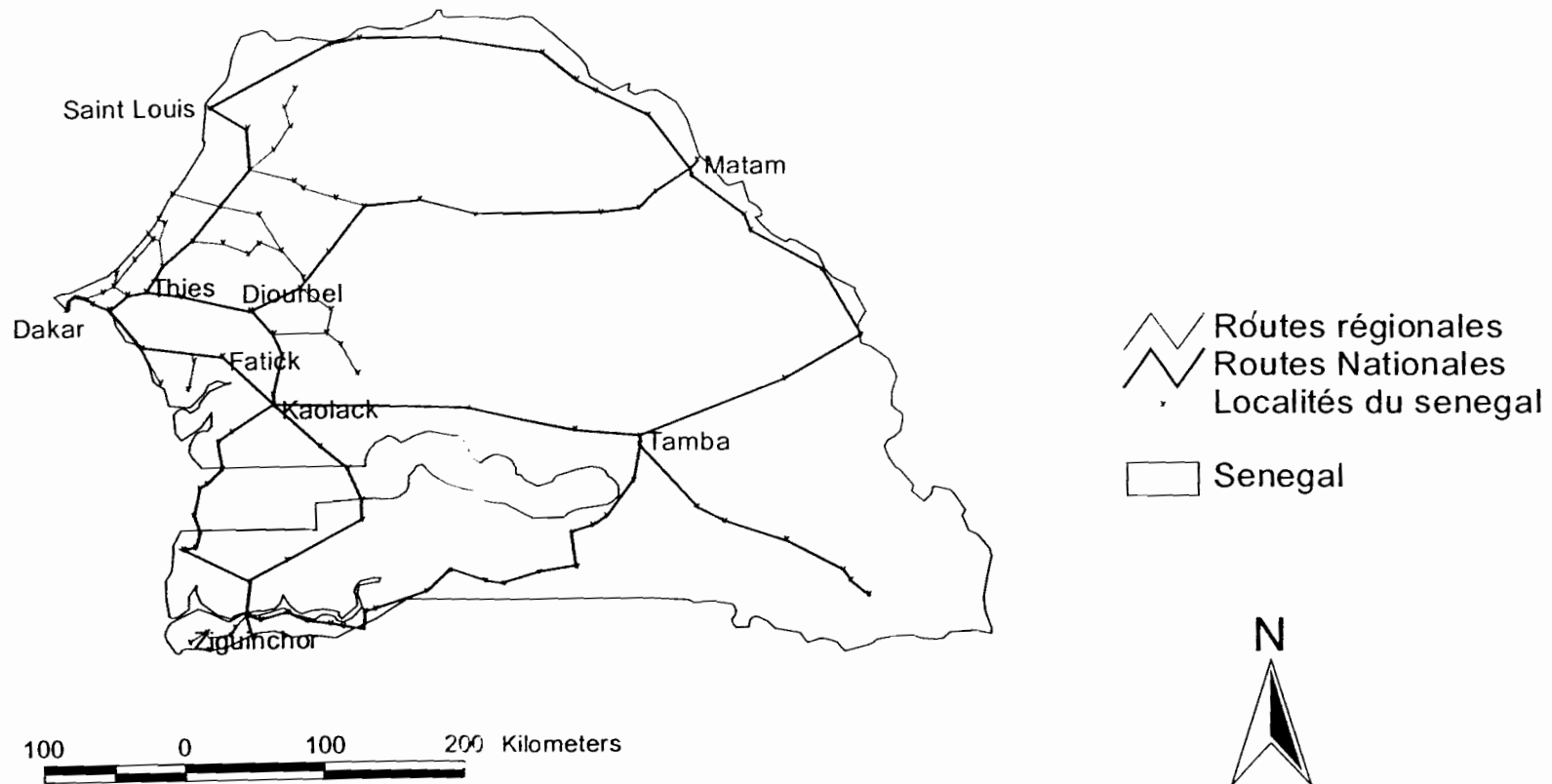
- ✓ même si la décision première d'implanter un système de gestion routière doit être prise par la haute administration, la coopération à tous les niveaux de gestion pour la réussite de l'implantation est nécessaire. Cette obligation s'étend à tous les secteurs, à partir de ceux qui décident de la budgétisation au niveau de l'ensemble de du réseau, jusqu'à ceux qui prennent les décisions aux niveaux d'un projet, décisions concernant les essais des matériaux, le contrôle qualitatif.
- ✓ A l'occasion des activités de sensibilisation aux concepts de gestion routière, il est important d'insister sur le fait que, parallèlement à la demande croissante de services, le public est en droit de s'attendre à ce que les fonds disponibles pour les travaux routiers soient administrés aussi efficacement que possible.
- ✓ Il faut insister sur la coopération de tous les paliers de gestion pour réussir l'implantation.
- ✓ Il est souhaitable que l'implantation des méthodes de gestion routière s'établisse en accord avec tout le réseau de transport.
- ✓ Il faudrait faire une campagne de détermination des différentes caractéristiques des routes afin de compléter la base de données.

ANNEXES

Annexe 1 : Carte du Senegal



Annexe 2 : Routes Nationales



ID	ROUTES	CODEREG	REGION	TRONCON	LONG_EN_KM	TMJA96	TRAFICPL	ANNEE_CONST	DATEENTR	EPAISS	NAT_EPAIS	EPAIS_REV
1	221N0001-1	DK	Dakar	Dakar - Bargny	20,050	14518	1354	1968	1982	0	EN	10
2	221N0001-1	DK	Dakar	Bargny - Diamnia	6,000	9403	955	1951	0	0	EN	10
3	221N0001-1	TH	Thiès	Diamniadio - Mbo	37,251	1456	229	0	1982	0	EN	7
4	221N0001-1	TH	Thiès	Mbour - Fatick	60,000	1493	229	1953	1993	0	BC	7
5	221N0001-1	FK	Fatick	Fatick - Kaolack	51,000	1496	225	0	1989	0	BC	2
6	221N0001-2	KL	Kaolack	Kaolack - Koungu	138,000	770	135	1964	1995	0	EN	2
7	221N0001-2	KL	Kaolack	Koungueul - Kous	81,000	560	135	0	1993	0	EN	2
8	221N0001-2	TC	Tamba	Koussanar - Tamb	44,000	552	135	0	1993	0	EN	2
9	221N0001-3	TC	Tamba	Tamba - Goudiry	112,000	89	19	0	1980	0	BC	2
10	221N0001-3	TC	Tamba	Goudiry - Kidira	60,000	89	19	0	1995	0	BC	2
11	221N0002-1	TH	Thiès	Diamniadio - Pou	16,700	5567	548	1951	0	0	EN	10
12	221N0002-1	TH	Thiès	Pout - Thiès	13,650	5567	548	0	0	0	EN	10
13	221N0002-1	TH	Thiès	Thiès - Tivaouan	21,950	2745	297	0	0	0	EN	4
14	221N0002-1	TH	Thiès	Tivaouane - MÚkh	29,000	1977	244	0	0	0	EN	3
15	221N0002-1	TH	Thiès	Mékhé - Kébémér	34,000	1766	297	1960	0	0	EN	12

iD	ROUTES	CODEREG	REGION	TRONCON	LONG_EN_KM	TMJA96	TRAFICPL	ANNEE_CONST	DATEENTR	EPAISS	NAT_EPAIS	EPAIS_REV
16	221N0002-1	LG	Louga	Kebémer - Louga	37,000	1329	245	1960	0	0	EN	7
17	221N0002-1	LG	Louga	Louga - Mpal	32,000	2068	196	0	0	0	EN	4
18	221N0002-1	SL	Saint Louis	Mpal - Saint Lou	30,000	2068	196	1960	0	0	EN	4
19	221N0002-2	SL	Saint Louis	Saint Louis - Ri	98,000	1882	193	0	0	0	EN	8
20	221N0002-2	SL	Saint Louis	Richard Toll -Da	24,000	865	218	0	0	0	EN	5
21	221N0002-2	SL	Saint Louis	Dagana - Guédé	56,000	355	160	0	0	0	EN	4
22	221N0002-3	SL	Saint Louis	Guédé - Haéré La	74,000	339	63	0	0	0	EN	4
23	221N0002-3	SL	Saint Louis	Haere Lao - Meri	34,000	339	63	0	0	0	EN	8
24	221N0002-3	SL	Saint Louis	Meri - Ngoui	16,000	339	63	0	0	0	EN	3
25	221N0002-3	SL	Saint Louis	Ngoui - Thilogne	42,700	339	63	0	0	0	EN	4
26	221N0002-3	SL	Saint Louis	Thilogne - Ouros	47,000	339	63	0	0	0	EN	3
27	221N0002-3	SL	Saint Louis	Oourossogui - Ork	48,300	192	42	0	0	0	EN	3
28	221N0002-3	SL	Saint Louis	Orkadiere - Diam	13,260	138	32	0	0	0	BC	3
29	221N0002-4	TC	Tamba	Diamougne - Bake	58,500	138	32	0	0	0	BC	2
30	221N0002-4	TC	Tamba	Bakel - Kidira	56,000	121	26	0	0	0	BC	2

ID	ROUTES	CODEREG	REGION	TRONCON	LONG_EN_KM	TMJA96	TRAFICPL	ANNEE_CONST	DATEENTR	REPAISS	NAT_EPAIS	EPAIS_REV
31	221N0003	TH	Thiès	Thiès - Khombole	25,000	2180	435	1961	0	0	BC	2
32	221N0003	Th	Thiès	Khombole -Diour	51,000	1590	222	1961	0	0	BC	2
33	221N0003	DL	Diourbel	Diourbel - Mback	39,000	4920	180	1961	0	0	BC	6
34	221N0003	DL	Diourbel	Mbacke- Deali	8,000	116	11	0	0	0	BC	0
35	221N0003	LG	Louga	Deali Dahara	27,000	188	18	1963	0	0	EN	0
36	221N0003	LG	Louga	Dahara - Linguer	40,960	101	19	0	0	0	EN	0
37	221N0003	LG	Louga	Linguere - Loumb	41,300	101	19	0	0	0	BC	5
38	221N0003	LG	Louga	Loumbel - Samba	91,000	278	17	0	0	0	EN	0
39	221N0003	LG	Louga	Samba dougou - R	26,530	278	17	0	0	0	BC	0
40	221N0003	SL	Saint Louis	Ranerou - Dendou	14,000	278	17	0	0	0	EN	0
41	221N0003	SL	Saint Louis	Dendoudi - Matam	37,400	278	17	0	0	0	BC	0
42	221N0004	DL	Diourbel	Diourbel - Gossa	24,820	731	77	0	0	0	BC	0
43	221N0004	FK	Fatick	Gossas - Fas	17,350	731	77	0	0	0	BC	0
44	221N0004	KL	Kaolack	Fas - Kaolack	39,870	696	100	0	0	0	EN	2
45	221N0004	KL	Kaolack	Kaolack - Keur A	69,150	1500	0	1953	0	0	EN	2

ID	ROUTES	CODEREG	REGION	TRONCON	LONG_EN_KM	TMJA96	TRAFICPL	ANNEE_CONST	DATEENTR	EPAISS	NAT_EPAIS	EPAIS_REV
46	221N0004	GB	Gambie	Keur Ayip - Sero	25,680	470	46	0	0	0	BC	2
47	221N0004	ZG	Ziguinchor	Seroba - Silikin	77,170	0	0	0	0	0	PAV	8
48	221N0004	ZG	Ziguinchor	Silikine - Bigno	30,480	610	72	0	0	0	BC	2
49	221N0004	ZG	Ziguinchor	Bignona - Ziguin	25,730	264	0	0	0	0	BC	2
50	221N0004	ZG	Ziguinchor	Ziguinchor - Mpa	17,240	0	0	0	0	0	BC	2
51	221N0005	KL	Kaolack	Kaolack - Sokone	36,860	696	100	1967	0	0	BC	2
52	221N0005	KL	Kaolack	Sokone - Karang	34,840	696	100	1967	0	0	BC	2
53	221N0005	GB	Gambie	Karang - Seleti	56,680	696	100	0	0	0	BC	2
54	221N0005	ZG	Ziguinchor	Seleti - Dioulou	12,000	696	100	0	0	0	BC	2
55	221N0005	ZG	Ziguinchor	Diouloulou - Big	62,390	696	100	0	0	0	BC	2
56	221N0005	ZG	Ziguinchor	Ziguinchor - Nia	10,840	569	46	0	0	0	BC	2
57	221N0006	ZG	Ziguinchor	Niaguis - Goudom	35,460	569	46	0	0	0	BC	0
58	221N0006	ZG	Ziguinchor	Goudomp - Samine	26,680	569	46	0	0	0	BC	0
59	221N0006	ZG	Ziguinchor	Samine Escale -	35,630	569	46	0	0	0	BC	0
60	221N0006	KD	Kolda	Tanaf - Kolda	62,870	181	18	0	0	0	BC	0
61	221N0006	KD	Kolda	Kolda - Tiara	42,000	304	41	0	0	0	BC	0

ID	ROUTES	CODEREG	REGION	TRONCON	LONG_EN_KM	TMJA96	TRAFICPL	ANNEE_CONST	DATEENTR	EPAISS	NAT_EPAIS	EPAIS_REV
62	221N0006	KD	Kolda	Tiara - Kounkane	53.940	304	41	0	0	0	BC	0
63	221N0006	KD	Kolda	Kounkane - Vélin	25.880	304	41	0	0	0	BC	0
64	221N0006	TC	Tamba	Velingara - Goul	62.160	374	1	0	0	0	BC	0
65	221N0006	TC	Tamba	Gouloumbou - Tam	33.690	609	108	0	0	0	BC	0
66	221N0007	TC	Tamba	Dioukore - Dial	62.420	178	20	0	0	0	En	2
67	221N0007	TC	Tamba	Dialakoto - Kedo	142.400	78	1	0	0	0	En	2

BIBLIOGRAPHIE

1. AUTRET (Paul) BRILLET (François) – BROUSSE (Jean-Louis).- Développement d'un système d'aide à la gestion d'un réseau routier.- ISTED,LCPC : avril 1991.-124 p.
2. CORTE (Jean-François) – GOUX (Marie-Thérèse) et al.- Guide technique de la conception et dimensionnement des structures de chaussée.-SETRA.LCPC : décembre 1994 .
3. RETOUR (Patrice).- Entretien routier en Colombie.-ISTED.LCPC
4. GERARD (Michel)-BAILLON (Jacques).- Les métiers de l'entretien routier dans les pays africains.
5. Association Québécoise du Transport et des Routes Inc.- Guide de gestion routière.-Paris : Eyrolles, 1978.-403 p.
6. G.I.C.- Campagne National de Comptage de Trafic des Routes Classées.-volume 1 et 2.- Dakar, 2002
7. MBOW (Abdoulaye).- Carte Numérique du réseau routier Sénégalais . Conception d'un système d'information géographique.-Projet de fin d'études.- E.S.P., 2003