



Directives

**Routes Revêtues à Faibles
Volumes de Circulation**

Juillet 2003

La Communauté de Développement d'Afrique Australe
SADC House
Private Bag 0095
Gaborone
BOTSWANA

Tel: + 267 3951 863
Télécopie (Fax): + 267 3972 848
Mess. Elect: registry@sadc.int

Juillet 2003

ISBN 99912-0-456-3

Tous les matériels contenus dans ces Directives peuvent être reproduits sans autorisation, à condition que la source soit citée.

Bien qu'il est estimé que les Directives soient correctes au temps de l'impression, la CTCAA n'accepte pas la responsabilité des conséquences émanant de l'utilisation des renseignements y contenus.

Avant-propos



Le réseau routier, à une étendue d'un peu plus d'un million de kilomètres dans la région de la Communauté de Développement de l'Afrique Australe (CDA), satisfait les besoins du mode des transports du fret et des passagers et, en conséquence, joue un rôle primordial dans l'économie de la région. Les routes non revêtues à faibles volumes de circulation constituent une proportion importante de ce réseau-là et ont un impact sur les vies de la majorité des habitants de la région qui demeurent et travaillent dans les régions rurales. On est en train d'améliorer beaucoup de ces routes à un niveau de routes revêtues, suivant des stratégies qui se concentrent sur l'allègement de la pauvreté et à la poursuite des buts plus larges de la croissance socio-économique et du développement.

Le but principal des Directives est de fournir aux parties intéressées une synthèse de la meilleure pratique régionale et internationale en tous les aspects des routes revêtues à faible trafic. Ainsi elles répondent à un point faible qui se trouve dans d'autres directives et manuels disponibles, qui ont la tendance de concentrer plus sur les aspects techniques des routes portant relativement plus de circulation qui, en conséquence, ont une application restreinte aux routes revêtues à faibles volumes de circulation.

Le Department for International Development (Service du Développement International) (DFID) du Royaume Uni, le Norwegian Agency for Development Cooperation (Agence de Coopération et Développement) (NORAD) de la Norvège et le Swedish International Development Agency (Agence suédoise du Développement International) (SIDA) ont assuré le financement de ces Directives. Ces partenaires coopératifs continuent à fournir de l'aide au secteur transport de la région, dont le but, en partie, est l'amélioration de la durabilité des routes revêtues à faibles volumes de circulation et à l'allègement direct de la pauvreté.

En promouvant l'adoption d'une approche plus holistique à la mise à disposition des routes revêtues à faibles volumes de circulation, les Directives mèneront indubitablement à l'utilisation du financement disponible plus efficace. Ceci aura pour résultat des avantages directs pour tous les pays de la CDA et facilitera la croissance socio-économique et le développement, aboutissant à une diminution de la pauvreté.

Je voudrais remercier nos partenaires coopératifs de leur financement de ce projet ainsi que le Transport Research Laboratory (Laboratoire de Recherche sur le Transport) (TRL) du Royaume Uni, et la Norwegian Public Roads Administration (l'Administration des Routes Publiques de la Norvège) (NPRA) de leur gestion du projet. Je voudrais également remercier tous ceux qui contribuèrent leurs connaissances et leur sagesse afin de faciliter l'édition de ces Directives; en particulier les Auteurs Principaux, les représentants des Etats-membres qui participèrent à son développement, de même que les membres de la commission internationale d'experts qui faisaient la critique du document. Je suis persuadé que toutes les parties intéressées constateront que les Directives constitueront une source valable d'information de la réalisation plus efficace et effective des routes revêtues à faibles volumes de circulation dans la Région de la CDA.

Sakhe Silo
Directeur – Unité Technique de la CCTAA
Maputo, Mozambique

DEDICACE

Ces Directives sont dédiés à la mémoire de feu Eric Msolomba, ancien directeur de l'Unité Technique de la CTCAA, dont la sagacité fournit la motivation de ce projet et dont le dévouement et les qualités de leader ont abouti à son succès.

Remerciements

L'Equipe du Projet reconnaît les contributions et commentaires d'un grand nombre des professionnels dans une grande variété de disciplines, appartenant à des organismes tant dans le secteur public que dans le secteur privé, et qui ont participé dans les ateliers tenus au sujet de la rédaction de ces Directives. Ces organismes comprennent les Ministères gouvernementaux (y compris les Services Routières et les Unités de Sécurité Routière), les Administrations Routières, les Consultants, entrepreneurs et les fournisseurs des matériaux. En particulier, l'équipe remercie l'Unité Technique de la Commission des Transports et des Communications de l'Afrique Australe (CTCAA), le CSIR et tous les auteurs de leurs contributions, aussi bien que les Critiques Pairs de leurs commentaires sur les brouillons. L'Equipe voudrait aussi exprimer ses remerciements aux facilitateurs et présentateurs qui ont joué un rôle valable dans le projet.

Organismes Du Secteur Routier De La CDAA

L'Equipe voudrait aussi se montrer reconnaissant du niveau élevé de soutien et des conseils donnés par les organismes des secteurs routiers des pays membres de la CDAA sur l'élaboration des Directives et de l'organisation des ateliers dans les pays différents. On s'attend à ce que les organismes suivants soient les agences principales engagées dans la mise en application des Directives.

Angola:	Agence Routier d'Angola (INEA), Ministère des Travaux Publics, Luanda;
Botswana:	Service des Routes, Ministère des Travaux Publics et du Transport, Gaborone;
Rep. Démocratique du Congo:	Office des Routes, Kinshasa/Gombe;
Lesotho:	Service des Routes, Ministère des Travaux Publics et du Transport, Maseru;
Malawi	Administration Routière Nationale, Lilongwe;
L'Ile Maurice:	Administration du Développement Routier, Ministère de l'Infrastructure Publique, Phoenix;
Mozambique:	Administration Routière Nationale (ANG), Maputo;
Les Iles Seychelles:	Service du Transport Terrestre, Ministère du Transport et du Tourisme, Mahé;
Afrique du Sud:	Agence Routière Nationale de l'Afrique du Sud (SANRA), Pretoria;
Swaziland:	Service des Routes, Ministère des Travaux Publics et du Transport, Mbabane;
Tanzanie:	Agence Routière Nationale de Tanzanie (TANROADS), Dar es Salaam;
Zambie:	Service des Routes, Ministère des Travaux Publics et des Fournitures, Lusaka;
Zimbabwe:	Service des Routes Etatiques, Ministère du Transport, Harare.

Equipe De Gestion Du Projet

Chef du Projet:	M. P A K Greening, Laboratoire de Recherche sur le Transport, Royaume Uni;
Chef Adjoint du Projet:	M. C Overby, Norwegian Public Roads Administration, Norvège;
Membres de l'Equipe:	M. M I Pinard, InfraAfrica Consultants, Botswana M. M E Gumbie, Civil Consult (Pvt) Ltd., Zimbabwe M. D R Rossmann, Agence Routière Nationale, Afrique du Sud;
Contrôle de Qualité	Dr J Rolt, Laboratoire de Recherche sur le Transport, Royaume Uni.

Auteurs

M I Pinard (Responsable):	InfraAfrica Consultants, Botswana
S D Ellis (Principal):	Banque Mondiale (anciennement du Transport Research Laboratory (TRL) (<i>Laboratoire de Recherche sur le Transport</i>), Royaume Uni)
C-H Eriksson (Principal):	Transport Consultants AB, Suède
R Johansen (Principal):	Via Nova Consultants, Norvège
T Toole (Principal):	ARRB, Australie (anciennement du Transport Research Laboratory (TRL) (<i>Laboratoire de Recherche sur le Transport</i>), Royaume Uni)
R Beger (Collaborateur):	RB Project Management, Afrique du Sud
M E Gumbie (Collaborateur):	Civil Consultant (Pvt) Ltd., Zimbabwe
H J S Lotter (Collaborateur):	CSIR, Afrique du Sud
A R Quimby (Collaborateur):	Transport Research Laboratory (TRL) (<i>Laboratoire de Recherche sur le Transport</i>), Royaume Uni).
Facilitateurs des Ateliers Nationaux:	A A Awadh (Tanzanie); C S Gourley (Transport Research Laboratory, Royaume Uni); T E Mutowembwa (Zimbabwe); G Sibanda (ILO ASIST, Zimbabwe).

Equipe des Critiques Pairs

M. J N Bulman OBE:	Consultant, Royaume Uni (Anciennement Chef de l'Unité d'Outremer de la TRL)
Prof J D G F Howe:	Consultant, Royaume Uni (Anciennement Professeur, IHE, Delft, Pays Bas)
Prof H G R Kerali:	Université de Birmingham, Royaume Uni
Prof J B Metcalf:	Université d'Etat de Louisiane, Etats Unis
Dr F Netterberg:	Spécialiste en Matériaux de Construction et en Géotechnologie, Afrique du Sud
Prof N A Parker:	Université de la Ville de New York, Etats Unis
Prof A T Visser:	Université de Pretoria, Afrique du Sud.

Services de Presse

Mise en page:	M I Pinard, InfraAfrica Consultants, Gaborone, Botswana
Dessin de la couverture/PAO	J Edvardsen, Interconsult, Oslo, Norvège
Traduction de l'anglais	C M Mac Carron, Boksburg, Afrique du Sud
Impression:	Goldfields Press (Pty) Ltd., Johannesburg, Afrique du Sud.



Une nouvelle approche

La mise à disposition efficace d'une route revêtue à faibles volumes de circulation nécessite l'ingéniosité, l'imagination et l'innovation. Elle implique "travailler avec la nature" et l'utilisation de matériaux locaux non classiques et d'autres ressources d'une manière optimale et durable du point de vue de l'environnement

Elle s'appuiera sur la conception, le dimensionnement, la construction et les techniques d'entretien qui maximisent l'implication des communautés et des entrepreneurs locaux.

Si elle est construite comme il faut, une route revêtue à faible volume de circulation aboutira à une réduction des coûts de déplacement, et en conséquence de son impact sur la production de campagne et sur le commerce entre les régions, facilitera la croissance et développement socio-économiques et diminuera la pauvreté dans la région de la CDAA.

Les critères de définition d'une "route à faibles volumes de circulation" varient sensiblement dans les parties différentes du monde. Dans la région de la CDAA, telles routes peuvent être des routes primaires, routes départementales ou routes tertiaires/ routes de desserte. Ces routes généralement portent moins de 200 véhicules par jour, y compris jusqu'à 20% des véhicules commerciaux, et souvent portent du trafic non motorisé, surtout près des régions peuplées.



Des travaux approfondis ont été réalisés dans la région de la CDAA au cours des 20-30 dernières années. Ils ont facilité l'utilisation efficace de matériaux "non classiques" dans le dimensionnement approprié de RRFVC.

La mise à disposition des routes revêtues à faibles volumes de circulation: Les décideurs doivent y repenser!



Routes à faibles volumes de circulation, le développement économique et l'allègement de la pauvreté

- ◆ La plupart des routes rurales, et une grande proportion des grandes routes de la Région de la CDAA ne sont pas encore revêtues et ne portent que peu de trafic. Ces routes à faibles volumes de circulation sont importantes à cause du fait qu'elles:
 - Ont un impact sur les moyens d'existence de la plupart des habitants de beaucoup de pays de la région, qui habitent et travaillent dans des régions rurales où les niveaux de pauvreté sont généralement très élevés
 - Sont essentielles à la croissance et au développement socio-économiques soutenus de la région et constituent une composante-clé des programmes de développement visés par les bailleurs de fonds et des gouvernements, dans lesquels figurent les stratégies de diminution de la pauvreté.
- ◆ Malheureusement le pauvre état de ces routes, qu'on peut attribuer en grande partie à la manière dont on les a habituellement construites et entretenues, a freiné le développement économique et a retardé les efforts d'allègement de la pauvreté.
- ◆ Il y a actuellement un besoin de nouvelles approches plus appropriées à la mise à disposition de routes revêtues à faibles volumes de circulation (RRFVC) si l'efficacité du transport routier dans la région devrait s'améliorer et si les buts plus larges de croissance socio-économique, de développement et d'allègement de la pauvreté doivent être réalisés.

Les méthodes classiques peu appropriées

- ◆ Les méthodes classiques de la réalisation de routes revêtues à faibles volumes de circulation tirent leur origine de la technologie et des recherches conduites en Europe et dans les Etats Unis il y a plus de 40 années dans des environnements très différents.
- ◆ Les environnements locaux prédominants sont très différents en termes du climat, du trafic, des matériaux et des usagers des routes. Il n'est pas donc surprenant que beaucoup d'approches, de conceptions et de technologies ne sont pas appropriés pour cette région.
- ◆ La technologie, les recherches et la connaissance au sujet de routes revêtues à faibles volumes de circulation (RRFVC) ont fait beaucoup de progrès dans la région et mettent en doute non seulement beaucoup de connaissance admise au sujet de la réalisation de RRFVC mais démontrent clairement le besoin de réviser les approches conventionnelles.
- ◆ Malheureusement, il y a eu très peu de dissémination et d'application des résultats des travaux réalisés dans la région. Ceci a déclenché le besoin de ces *Directives de la CDAA pour les Routes Revêtues à Faibles Volumes de Circulation*.



En temps sec les routes revêtues produisent de la poussière, résultant en problèmes de santé, en dommage à la récolte, aux véhicules et aux habitats naturels et ont un impact défavorable sur la sécurité des piétons et des véhicules. Est-ce qu'un revêtement est une option abordable? **Oui! Il peut être.**



Une quantité importante de gravier est extraite chaque année des emprunts de terre dans tous les pays de la région de la CDAA. Est-ce que ceci est durable? **Non!**

L'achèvement de durabilité dans tout aspect de la réalisation est impératif, si on veut réaliser les buts à long terme de la CDAA en ce qui concerne la croissance économique et l'allègement de la pauvreté durables. Dans le passé des tentatives à achever cette durabilité ont échoué, soit parce qu'il manquait une ou plusieurs des sept dimensions-clés, soit parce qu'elles étaient inadéquates. Il en résulta que les RRFVC se sont dégradées et, en conséquence, non seulement ont-elles manqué de satisfaire les besoins des pauvres, mais aussi elles ont souvent eu un effet défavorable sur l'environnement.

Les routes revêtues – pourquoi sont-elles nécessaires?

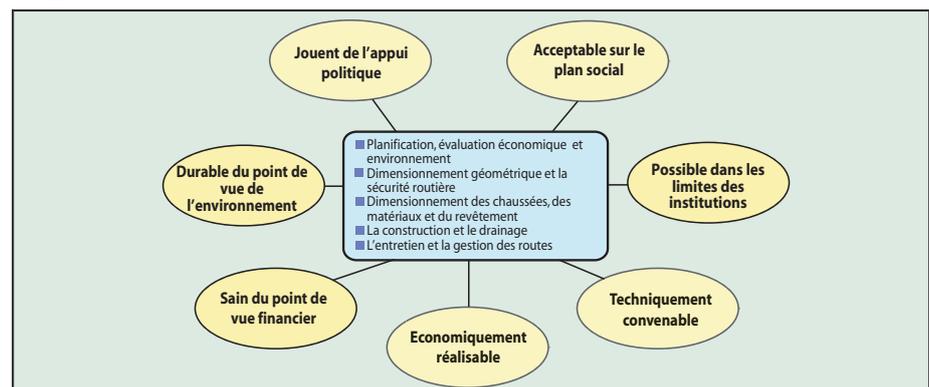
- ◆ La longueur importante des routes revêtues – surtout les routes en gravier – dans la région commence à devenir de plus en plus difficile à entretenir en ce que ces routes:
 - Imposent un fardeau logistique, technique et financier sur la plupart des administrations routières à cause des contraintes imposées sur les ressources physiques, humaines, financières et naturelles
 - Nécessitent l'utilisation d'une ressource non renouvelable (le gravier) qui est en train de s'amenuiser dans beaucoup de pays et, en même temps, d'aboutir à de graves problèmes environnementaux.
- ◆ La mise en application des résultats de la recherche conduite dans la région (par exemple, ceux qui mènent à la réduction des coûts de construction à cause de l'utilisation accrue des graviers naturels), facilite la justification économique du revêtement des routes en gravier qui portent moins de 100 véhicules par jour. Il y a un contraste entre cette valeur et les valeurs seuils anciennement recommandés pour l'Afrique Subsaharienne, qui excédaient 200 v.p.j., quelle valeur reste toujours dans les pensées de beaucoup de gens.
- ◆ Le non-respect de l'observance de la programmation optimale de revêtement des routes en gravier peut être très coûteux pour les économies nationales, non seulement en termes des coûts excédents de transport, mais aussi en termes du fardeau continu et excessif d'entretien et les impacts socio-économiques défavorables. Ceci fournit une impulsion pour le changement politique et pour l'adoption des stratégies coûts-éfficaces alternatives de revêtement, telles que celles promues dans ces Directives.

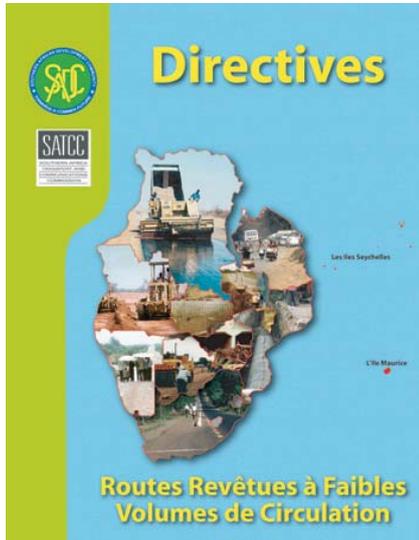
Les avantages des routes revêtues

- ◆ Les avantages à perpétuité des routes revêtues comprennent:
 - Coûts réduits (de construction, d'entretien et d'exploitation des véhicules)
 - Avantages sociaux accrus (accès plus fiable aux écoles, aux cliniques etc.)
 - Réduction des répercussions adverses sur l'environnement et diminution des problèmes de santé et de sécurité
- ◆ Basé sur un rythme de 100 Km/an d'amélioration des routes en gravier à un niveau revêtu, les avantages annuels d'adopter les recommandations contenues dans ces Directives seront de l'ordre de 35 millions de dollars américains.
- ◆ Les avantages cités ci-dessus dépendent fortement de la capacité de l'administration responsable de maintenir les routes revêtues au niveau de service prévu. Ceci nécessite la mise à disposition des fonds adéquats, durables et au bon moment au sous-secteur qui, de plus en plus, sont fournis par les usagers des routes pour commercialiser ces routes.

Les aspects-clés de durabilité

- ◆ Il y a eu une tendance de concentrer sur les aspects techniques et économiques de la réalisation des RRFVC, sans donner d'attention adéquate à d'autres aspects de la durabilité. Il en résulte souvent qu'il y a eu un manque de sensibilité à d'autres besoins différents, ainsi qu'une probabilité réduite de réaliser des solutions durables, même quand des fonds importants sont disponibles.
- ◆ Les sept dimensions-clés d'un système durable, dont on devrait toujours tenir compte pour la construction des RRFVC, sont montrées ci-dessous.





La promotion des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre là où elles sont réalisables constitue un facteur-clé de la création du travail productif et de la réduction de la pauvreté.

Une nouvelle idée trouve son champion ou elle meurt. Aucune implication ordinaire avec une nouvelle idée ne fournit l'énergie requise pour faire face à l'indifférence et la résistance provoquées par un changement important. Tout champion de nouvelles idées devrait faire preuve de sa persévérance et d'un courage héroïque.

- ◆ Dans tous les aspects de la mise à disposition des RRFVC la durabilité devrait devenir la base d'une politique plus exigeante des gouvernements de la CDAA. Ceci nécessitera l'adoption par les praticiens d'une approche plus globale qu'auparavant et qui s'occupe de toutes les sept dimensions de la durabilité.

Affrontement avec de nouveaux défis: les Directives de la CDAA sur les RRFVC

- ◆ Le but principal des Directives est de se servir de toute la meilleure pratique régionale et internationale et de l'utiliser dans tous les aspects de la réalisation des RRFVC. Ce document n'est pas normatif, mais plutôt donne des conseils aux usagers afin d'assurer qu'on arrive aux meilleures décisions. L'élaboration des Directives a profité de la collaboration étroite des praticiens de la région.
- ◆ Les Directives représentent un départ important du pratique conventionnel en ce qui concerne tous les aspects de la réalisation des RRFVC par l'examen des procédés, les pratiques et les méthodes dont on se sert pour:
 - La planification, l'évaluation et l'environnement
 - Le dimensionnement géométrique et la sécurité routière
 - Le dimensionnement des chaussées, des matériaux et du revêtement.
 - La construction et le drainage
 - L'entretien
- ◆ Les Directives promeuvent l'emploi d'une approche holistique aux RRFVC, qui reconnaît qu'il y a des critères qui devraient être satisfaits dans les aspects différents – qui souvent s'influencent mutuellement – de la mise à disposition des routes.

Avantages résultant de l'emploi des Directives

- ◆ Il y a plusieurs avantages à gagner par l'adoption des approches recommandées. Ils comprennent la mise à disposition des RRFVC qui:
 - Seraient moins coûteuses en termes économiques à construire et entretenir, par l'adoption d'une technologie locale plus appropriée et par des techniques de construction qui sont plus appropriées à des conditions locales
 - Réduiraient au maximum les effets défavorables sur l'environnement, en particulier en ce qui concerne l'utilisation des ressources non renouvelables (graviers)
 - Augmenteraient les possibilités de travail par l'emploi des technologies plus appropriées, y compris l'utilisation de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre là où elles sont réalisables
 - Amélioreraient la sécurité routière dans tous les aspects de la mise à disposition des routes;
 - Prendraient compte en mesure plus grande des besoins de toutes les parties intéressées et, en particulier, des communautés locales qui se servent de ces routes
 - Encourageraient le développement de capacité dans la construction et l'entretien routiers locaux par l'utilisation accrue de petits entrepreneurs locaux
 - En fin de compte, faciliteraient la réalisation du but à long terme de la croissance socio-économique, du développement et de l'allègement de la pauvreté dans la région.
- ◆ En plus, les Directives engendreront une conscience et dissémineront la connaissance requise afin qu'on puisse profiter plus largement de ces avantages dans la région.

De l'idée à la pratique

- ◆ Tous les avantages des Directives ne se réaliseront pas sauf si les approches recommandées sont mises en application dans la pratique. Cependant, il existe plusieurs barrières qui ont tendance à réduire ce procès à néant. Elles comprennent:
 - Une tendance inévitable et naturelle à résister aux changements, et la nature conservatrice des organismes du secteur public, qui ont tendance à institutionnaliser cette résistance.
 - Le fait qu'il se puisse que beaucoup de recommandations contenues dans les Directives soient en contradiction avec des manuels et normes actuelles existants, qui sont souvent dépassés.

- ◆ En fin de compte la transition efficace de l'idée à la pratique requerra du soutien au niveau politique, ainsi que l'appui total de toutes les parties intéressées. En plus, elle requerra un effort important de transfert de technologie, y compris:
 - Le soutien et l'aide technique pour faciliter la mise en application des Directives
 - La mise à jour des documents nationaux afin de les rendre convenables aux conditions locales
 - La formation technique du personnel afin d'aborder toute résistance éventuelle au changement
 - Le contrôle systématique de la réception, adoption, perfectionnement et satisfaction parmi tous les usagers des Directives.

Table des Matières

Avant-propos	iii
Remerciements	v
Présentation	vii
Abréviations	xiii

1. INTRODUCTION

1.1	Contexte	1 - 1
1.2	But et Portée.....	1 - 2
1.3	Accent	1 - 3
1.4	Elaboration des Directives	1 - 4
1.5	Structure et Contenu	1 - 5
1.6	Mise à Jour	1 - 6
1.7	Sources d'Information	1 - 6
1.8	Références et Bibliographie.....	1 - 7

2. CADRE REGIONAL

2.1	Introduction.....	2 - 1
2.2	La Région de la CDAA	2 - 2
2.3	Le Réseau Routier Régional.....	2 - 5
2.4	Détails du Réseau Routier	2 - 7
2.5	Routes Revêtues à Faibles Volumes de Circulation.....	2 - 9
2.6	Résumé	2 - 14
2.7	Références et Bibliographie.....	2 - 15

3. QUESTIONS DE PLANIFICATION, D'EVALUATION ET L'ENVIRONNEMENT

3.1	Introduction.....	3 - 1
3.2	Planification	3 - 3
3.3	Evaluation.....	3 -14
3.4	Questions Environnementales	3 -25
3.5	Résumé	3 -33
3.6	Références et Bibliographie.....	3 -34

4. CONCEPTION GEOMETRIQUE ET LA SECURITE ROUTIERE

4.1	Introduction.....	4 - 1
4.2	Philosophie de la Conception, les Normes et l'Approche ..	4 - 4
4.3	Cadre et Processus de Conception	4 - 7
4.4	Techniques, Contrôles et Eléments du Dimensionnement ..	4 -17
4.5	Sécurité aux Bords des Routes, Enseignement et Exécution de la Loi	4 -28
4.6	Résumé	4 -33
4.7	Références et Bibliographie.....	4 -34

5. DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES, MATERIAUX ET REVETEMENTS

5.1	Introduction.....	5 - 1
5.2	Terminologie des Chaussées, Matériaux et des Revêtements .	5 - 4
5.3	Matériaux	5 - 10
5.4	Dimensionnement des Chaussées	5 - 27
5.5	Revêtement	5 - 43
5.6	Résumé	5 - 57
5.7	Références et Bibliographie.....	5 - 58

6. CONSTRUCTION ET DRAINAGE

6.1	Introduction.....	6 - 1
6.2	Questions de Construction	6 - 3
6.3	Matériel de Construction.....	6 - 10
6.4	Utilisation des Sols et des Gravier naturels.....	6 - 14
6.5	Construction d'Enduits de Scellement	6 - 23
6.6	Assurance et Contrôle de Qualité.....	6 - 26
6.7	Drainage.....	6 - 29
6.8	Résumé	6 - 37
6.9	Références et Bibliographie.....	6 - 38

7. ENTRETIEN ET GESTION ROUTIERES

7.1	Introduction.....	7 - 1
7.2	Questions d'Entretien	7 - 3
7.3	Gestion d'Entretien.....	7 - 11
7.4	Opérations d'Entretien.....	7 - 24
7.5	Résumé	7 - 28
7.6	Références et Bibliographie.....	7 - 29

8. DE LA VISION A LA PRATIQUE

8.1	Motivation	8 - 1
8.2	La Voie de la Mise en Application.....	8 - 2
8.3	De la Vision à la Pratique	8 - 6
8.4	Références et Bibliographie.....	8 - 7

APPENDICES

	Annexe A - Liste des Figures et des Tableaux	A - 1
	Annexe B - Liste d'Organisations Utiles	B - 1

Abréviations

Organisations

AID	Agency for International Development/ <i>Agence du Développement International</i>
AASHO	American Association of State Highway Officials/ <i>Association Américaine des Fonctionnaires Etatiques des Réseaux Routiers</i>
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials/ <i>Association Américaine des Fonctionnaires Etatiques des Réseaux Routiers et des Transports</i>
ARRB	Australian Road Research Board/ <i>Conseil Australien des Recherches Routières</i>
ASIST	Advisory Support Information Services and Training (for Employment- Intensive Infrastructure) <i>Services d'Appui d'Aide et de Conseil d'Informations et d'Enseignement (pour l'Infrastructure à fort coefficient du travail)</i>
ASTM	American Society for Testing and Materials/ <i>Société Américaine des Essais et des Matériaux</i>
CAPSA	Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa/ <i>Conférence sur des Chaussées Bitumineuses pour l'Afrique Australe</i>
CDAА	Communauté de Développement d'Afrique Australe/ <i>Southern Africa Development Community</i>
CEBTP	Centre Experimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research/ <i>Conseil de la Recherche Scientifique et Industrielle</i>
CSRA	Committee of State Road Authorities/ <i>Comité des Administrations Etatiques des Routes</i>
CTCAA	Commission des Transports et des Communications d'Afrique Australe/ <i>Southern Africa Transport and Communications Commission</i>
DFID	Department for International Development/ <i>Département du Développement International</i>
DLO	Direct Labour Organisation/ <i>Organisation du Travail Direct</i>
DoR	Department of Roads/ <i>Service des Routes</i>
ILO	International Labour Organisation/ <i>Organisation Internationale du Travail</i>
IRF	International Road Federation/ <i>Fédération Internationale des Routes</i>
MOW	Ministry of Works/ <i>Ministère des Travaux Publics</i>
NAASRA	National Association of Australian State Road Authorities/ <i>Association Nationale des Administrations Etatiques Australiennes des Routes</i>
NIRR	National Institute for Road Research/ <i>Institut National de la Recherche Routière</i>
NITRR	National Institute for Transport and Road Research/ <i>Institut National de la Recherche des Transports et des Routes</i>
NORAD	Norwegian Agency for International Development/ <i>Agence Norvégienne pour le Développement International</i>
NPRA	Norwegian Public Roads Administration/ <i>Administration Norvégienne des Routes Publiques</i>
NRRL	Norwegian Road Research Laboratory/ <i>Laboratoire de la Recherche Routière de Norvège</i>
NSW	New South Wales (Australia)/ <i>La Nouvelle Galles du Sud (Australie)</i>
ODA	Overseas Development Administration/ <i>Administration du Développement d'Outremer</i>
PIARC	Permanent International Association of Road Congresses (World Road Association)/ <i>Association Internationale Permanente des Congrès de la Route (AIPCR) (Association Routière Mondiale)</i>
RA Board	Roads Agency Board/ <i>Conseil de l'Administration Routière</i>
RF Board	Road Fund Board/ <i>Conseil des Fonds Routiers</i>
SABITA	Southern Africa Bitumen Association/ <i>Association Bitumineuse d'Afrique Australe</i>
SADC	Southern Africa Development Community/ <i>Communauté de Développement d'Afrique Austral</i>
SADCC	Southern African Development Coordination Conference/ <i>Conférence de Coordination du Développement d'Afrique Australe</i>
SAICE	South African Institution of Civil Engineering/ <i>Institut Sud-africain de la Génie Civile</i>
ATC	Annual Transportation Conference/ <i>Convention Annuelle de la Transportation</i>
SANRA	South African National Roads Agency/ <i>Administration Routière Nationale de l'Afrique du Sud</i>
SATCC	Southern Africa Transport and Communications Commission/ <i>Commission des Transports et des Communications d'Afrique Australe</i>
SIDA	Swedish International Development Agency/ <i>Agence Suédoise du Développement International</i>
TANROADS	Tanzania National Roads Agency/ <i>Administration Routière Nationale de la Tanzanie</i>
TRB	Transportation Research Board/ <i>Conseil de la Recherche Routière</i>
TRL	Transport Research Laboratory/ <i>Laboratoire de la Recherche sur le Transport</i>
TRRL	Transport and Road Research Laboratory/ <i>Laboratoire de la Recherche des Transports et des Routes</i>
UK	United Kingdom/ <i>Royaume Uni</i>
UN	United Nations/ <i>Nations Unies</i>
UNESCO	United Nations Educational Scientific & Cultural Organisation/ <i>Organisation Educatrice, Scientifique et Culturelle des Nations Unies</i>
USA	United States of America/ <i>Etats-Unis d'Amérique</i>
WA	Western Australia/ <i>L'Australie Occidentale</i>

Abréviations

Techniques

AADT	Annual Average Daily Traffic/ <i>Trafic moyen journalier annuel</i>
AIV	Aggregate Impact Value/ <i>Valeur de la résistance au choc d'un agrégat</i>
AC	Asphalt Concrete/ <i>Béton bitumineux</i>
ACV	Aggregate Crushing Value/ <i>Valeur de la Résistance à l'Ecrasement d'un Agrégat</i>
ADT	Annual Daily Traffic/ <i>Trafic journalier annuel</i>
BCR	Benefit Cost Ratio/ <i>Rapport coûts/avantages</i>
BOQ	Bill of Quantities/ <i>Devis</i>
BS	British Standards/ <i>Normes Britanniques</i>
CBA	Cost-benefit analysis/ <i>Analyse de coûts/avantages</i>
CaSE	Cost and Safety Efficient Design/ <i>Conception efficace du point de vue des coûts de la sécurité</i>
CBR	California Bearing Ratio/ <i>Indice Portant Californien</i>
CEO	Chief Executive Officer/ <i>Directeur Exécutif en Chef</i>
DMI	Durability Mill Index/ <i>Indice de Durabilité à Moulin</i>
elv	Equivalent Light Vehicles/ <i>Véhicules légers équivalents</i>
DCP	Dynamic Cone Penetrometer/ <i>Pénétromètre Dynamique à cône</i>
E_s	Elastic Stiffness/ <i>Raideur élastique</i>
ÉIA	Environmental Impact Assessment/ <i>Etude d'Impact sur l'Environnement</i>
EIS	Environmental Impact Statement/ <i>Compte rendu de l'Etude d'Impact sur l'Environnement</i>
ESA	Equivalent Standard Axle (based on 80 kN standard)/ <i>Essieu standard équivalent (basé sur la norme de 80 kN)</i>
FACT	Fines Aggregate Crushing Test/ <i>Essai d'écrasement d'Agrégat en Fines</i>
FMC	Field Moisture Content/ <i>Teneur en eau du terrain</i>
FWD	Falling Weight Deflectometer/ <i>Deflectomètre à Poids Tombant</i>
GDP	Gross Domestic Product/ <i>Produit Intérieur Brut (PIB)</i>
HDM-4	Highway Development and Management Model-4/ <i>Modèle pour des Normes de Conception et d'Entretien des Routes - 4</i>
HIV/AIDS	Human Immune Deficiency Virus/Acquired Immune Deficiency Syndrome/ <i>Virus immunodéficientaire humain (VIH)/Syndrome immunodéficientaire acquis(SIDA)</i>
HVR	High-volume road/ <i>Route à fort volume de circulation</i>
HVS	Heavy Vehicle Simulator/ <i>Simulateur de véhicules lourds</i>
HVSR	High-volume Sealed Road/ <i>Route revêtue à fort volume de circulation</i>
IQL	Information Quality Level/ <i>Niveau de qualité de l'Information</i>
IRAP	Integrated Rural Accessibility Planning/ <i>Planification intégrée d'accessibilité rurale</i>
IRI	International Roughness Index/ <i>Indice de Rugosité International (IRI)</i>
IRR	Internal Rate of Return/ <i>Taux de rentabilité interne</i>
KPI's	Key Performance Indicators/ <i>Indicateurs fondamentales de performance</i>
LAA	Los Angeles Abrasion/ <i>Abrasion de Los Angeles</i>
LBM	Labour Based Methods/ <i>Méthodes à fort coefficient de main-d'oeuvre</i>
LVR	Low-volume Road/ <i>Route à faible volume de circulation</i>
LVSR	Low-volume Sealed Road/ <i>Route revêtue à faible volume de circulation</i>
MC	Moisture Content/ <i>Teneur en Eau</i>
MDD	Maximum Dry Density/ <i>Densité Sèche Maximum</i>
NMT	Non-motorised Traffic/ <i>Trafic non motorisé</i>
NPV	Net Present Value/ <i>Valeur Actuelle Nette (VAN)</i>
OMC	Optimum Moisture Content/ <i>Teneur en Eau Optimum</i>
ORN	Overseas Road Note (TRL series of publications)/ <i>Note Routière pour l'outremer (Série de publications de la TRL)</i>
PI	Plasticity Index/ <i>Indice de Plasticité</i>
PSD	Passing Site Distance/ <i>Distance de Visibilité de Croisement de Véhicules</i>
PSV	Polished Stone value/ <i>Valeur de Polissage de Pierres</i>
R & W	Riedel and Weber/ <i>Essai Riedel et Weber</i>
RED	Road Economic Decision model/ <i>Modèle de Décisions Economiques pour des Routes</i>

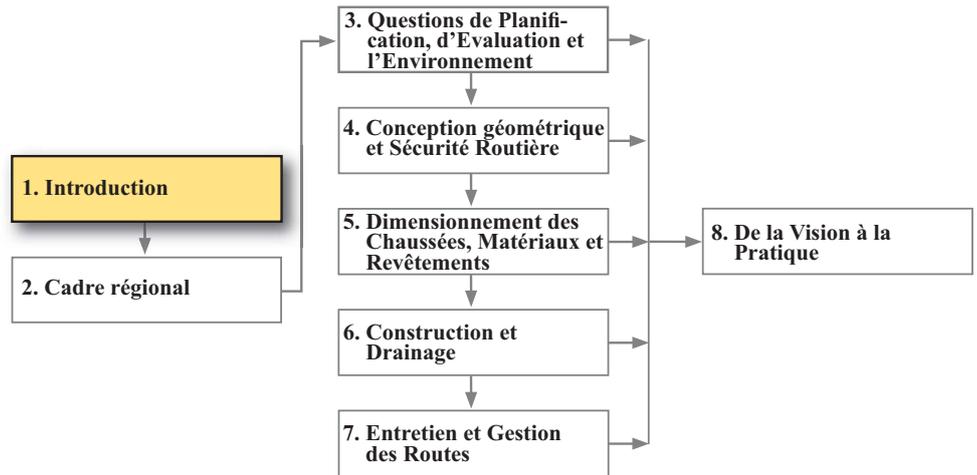
RM	Routine Maintenance/ <i>Entretien courant</i>
RMI	Road Maintenance Initiative/ <i>Initiative d'Entretien des Routes</i>
RMS	Road Management Systems/ <i>Systèmes de Gestion routière</i>
RTIM	Road Transport Investment Model/ <i>Modèle de Placement dans les Transports Routiers</i>
RTRN	Regional Trunk Road Network/ <i>Réseau Régionale des Grands Axes</i>
SAMDM	South Africa Mechanistic Design Method/ <i>Méthode sud-africaine de Conception mécanistique</i>
SFRDP	Secondary Feeder Road Development Programme/ <i>Programme de Développement des Routes Secondaires de Desserte</i>
SSATP	Sub-Saharan Africa Transport Program/ <i>Programme de Politiques de Transport en Afrique subsaharienne</i>
SSD	Stopping Sight Distance/ <i>Distance de Visibilité d'Arrêt</i>
TBM	Texas Ball Mill/ <i>Moulin à Boules texan</i>
TMH	Technical Methods for Highways/ <i>Méthodes Techniques pour des Chaussées</i>
TRH	Technical Recommendations for Highways/ <i>Recommandations Techniques pour des Chaussées</i>
TTC	Travel Time Cost/ <i>Coûts de Durée de Parcours</i>
VCI	Visual Condition Index/ <i>Indice d'Etat Visuel</i>
VOC	Vehicle Operating Costs/ <i>Coût d'Exploitation des Véhicules (CEV)</i>
vpd	Vehicles per day/ <i>Véhicules par jour</i>

Abréviations

Unités

Hr	Heure
Kg	Kilogramme
Km, m, cm, mm	Kilomètre, mètre, centimètre, millimètre
kPa	Kilo Pascal
kN	Kilo Newton
Km/h	Kilomètres à l'heure
m ² , m ³	Mètre carré, Mètre cube
Veh-km	Véhicule-kilomètre

Chapitre 1



Introduction

1

1.1	Contexte	1 - 1
1.2	But et Portée	1 - 2
1.3	Accent	1 - 3
1.4	Elaboration des Directives	1 - 4
1.5	Structure et Contenu	1 - 5
1.6	Mise à Jour	1 - 6
1.7	Sources d'Information	1 - 6
1.8	Références et Bibliographie	1 - 7

Introduction

1

“Le corps de la connaissance du génie routier reste empirique plutôt que rigoureusement scientifique. En conséquence, l’information transmise dans nos universités (Royaume Uni, Etats Unis) est généralement basée sur une synthèse de l’expérience locale. Ce n’est pas surprenant qu’elle n’a souvent aucun rapport avec les faits et que quelquefois elle est clairement trompeuse dans d’autres parties du monde.”

Ray Millard, Conseiller auprès des Chaussées, Banque Mondiale, Deuxième Conférence Internationale pour les Routes à Faibles Volumes de Circulation, 1979¹.

1.1 Contexte

Beaucoup d’aspects de la documentation sur la mise à disposition des routes à faibles volumes de circulation dans la région de la CDAA ont leur origine dans la technologie et les recherches conduites en Europe et les Etats Unis il y a 30-40 ans dans des milieux très différents. Bien qu’une partie de cette documentation ait été modifiée dans une certaine mesure depuis ce temps-là, la philosophie de base de la mise à disposition des routes reste essentiellement inchangée. Bien que ces approches classiques soient encore appropriées pour le réseau routier à plus forte circulation de la CDAA, elles sont toujours inappropriées pour les routes à faibles volumes de circulation, qui constituent une proportion importante des réseaux routiers nationaux. Ceci a incité un nombre d’organismes internationaux de recherche, aussi bien que des ministères et agences locales, à faire des recherches sur des aspects différents des routes revêtues à faibles volumes de circulation.

Cadre 1.1 - Recherches routières dans la région de la CDAA

Les recherches faites dans la région de la CDAA par un nombre d’organismes internationaux, régionaux et locaux, dont les coûts sont estimés au bas mot à 20-30 millions de dollars américains, ont mis en doute beaucoup d’hypothèses admises concernant la planification, le dimensionnement, la construction et l’entretien des routes revêtues à faibles volumes de circulation. Les résultats de ces recherches ont montré clairement:

- L’importance de l’adoption d’une approche plus holistique et durable à la mise à disposition des routes à faibles volumes de circulation
- Le besoin de la révision des approches conventionnelles à la planification, l’évaluation économique et à l’environnement
- Les points faibles des spécifications conventionnelles et, dans une certaine mesure, des méthodes d’essai pour l’évaluation de l’aptitude des matériaux locaux pour utilisation dans des routes à faibles volumes de circulation
- Les avantages de l’adoption de normes de dimensionnement et de normes géométriques plus convenables
- Les avantages économiques de l’application de méthodes innovatrices de construction
- L’importance de faire plus attention aux aspects environnementaux de la mise à disposition des routes.



Les recherches faites dans la région de la CDAA ont catalysé les repensées de l’approche aux routes revêtues à faibles volumes de circulation^{2, 3, 4}.

La dissémination de l'information est probablement la question la plus importante et la plus cruciale (du transfert de la technologie). La mise à disposition de toute l'information disponible et pertinente aux praticiens est essentielle pour la mise en application des procédés perfectionnés et de nouvelles techniques. Étant donné la quantité de recherche et développement qui sont toujours en train de se réaliser, la capacité de disséminer cette information est la clé à l'amélioration de la situation des routes à faibles volumes de circulation.

Transport Research Circular No. 446, Mai 1995⁵.

Malheureusement, par manque de financement, la dissémination des résultats des recherches faites dans la région a été très inefficace. Ceci a abouti à :

- L'absence de connaissance des résultats des recherches
- Peu de compréhension du comportement – fréquemment satisfaisant – des solutions innovatrices
- Une aversion pour l'emploi des conceptions “non classiques”, surtout par des consultants et entrepreneurs étrangers, qui souvent mal connaissent les conditions locales
- Le transfert inefficace de la technologie
- Peu de mise en application de la technologie innovatrice.

En reconnaissance du besoin de sensibiliser la région aux développements récents dans la technologie des routes revêtues à faibles volumes de circulation dans la région, la Commission des Transports et des Communications d'Afrique Australe (CTCAA) fit la commande de l'élaboration de ces Directives sur les Routes Revêtues à Faibles Volumes de Circulation (RRFVC) dont le financement fut fourni par DFID, NORAD et SIDA.

1.2 But et Portée

Le but principal des Directives est de fournir une synthèse des approches de pointe de la mise à disposition de RRFVC, basées en grande partie sur la connaissance et expérience régionale, mais qui prennent compte aussi de la meilleure pratique internationale. Ainsi le but primaire est de diminuer les coûts de construction et d'entretien des RRFVC, aboutissant à :

- La croissance des transports publics et commerciaux par des coûts réduits pour les usagers de route
- L'accès amélioré aux écoles, cliniques, emploi, centres urbains et régions rurales avoisinantes
- Des conditions améliorées d'environnement, de la santé et sociales
- La diminution de la baisse des ressources limitées de matériaux – par sa nature le rechargement est indurable
- La croissance socio-économique, le développement et l'allègement de la pauvreté accrus.

Les moyens de réaliser les buts ci-dessus dépendent de la mise à disposition coût-efficace des routes revêtues dans les régions rurales et peri-urbaines par le transfert de la technologie développée comme résultat des recherches. Par conséquent, les Directives visent à :

- Agir comme moyen de la dissémination et mise en application de la technologie innovatrice appropriée dans la région de la CDAA
- Encourager une approche holistique à la mise à disposition des RRFVC
- Encourager l'utilisation optimale des ressources locales et de conceptions “non classiques”, mais convenables dans tous les aspects de la construction des RRFVC
- Promouvoir la participation accrue des secteurs publics et privés dans les projets routiers
- En fin de compte, devenir le document consultatif de référence pour les RRFVC.

On s'attend que cette stratégie mènera à une croissance de la longueur des routes revêtues construites à coût abordable et à une norme appropriée par la mise en application des méthodes éprouvées, et quelquefois non conventionnelles, et de la technologie innovatrice.

Exemples contrastés de routes à faibles volumes de circulation dans la région de la CDAA



Route en gravier/piste (Tanzanie)



Route "à bandes" d'autrefois (Zimbabwe)



Route à voie étroite d'autrefois (Zimbabwe)



Nouvelle route revêtue à faible volume de circulation (Botswana)

Les Directives sont destinées à une gamme large de parties intéressées, des politiciens aux praticiens, y compris les consultants, les entrepreneurs, les fournisseurs, les bailleurs de fonds, les usagers de route et le public qui, à leurs façons différentes, sont impliqués dans les aspects différents – mais complémentaires – de la mise à disposition des routes à faibles volumes de circulation.

Puisque la région de la CDAA est très diverse, il serait impraticable et inconvenable de fournir des solutions "recettes" pour des circonstances particulières. Plutôt on a mis l'accent sur le guidage du praticien vers évaluation des options alternatives et vers la considération de leurs avantages et désavantages comme bases de décision et de leur mise en application dans des situations particulières aux pays différents. Ceci se réalise par le collationnement dans un seul document de toute la connaissance-clé de fond et de l'expérience dans la mise en application et dans le comportement des solutions éprouvées et innovatrices dans tout aspect de la mise à disposition des RRFVC.

Les Directives constituent un manuel des approches récentes aux aspects suivants de la réalisation de routes revêtues à faibles volumes de circulation:

- La planification, l'évaluation et l'environnement
- La dimensionnement géométrique et la sécurité routière
- La dimensionnement des chaussées, des matériaux et du revêtement
- La construction et le drainage
- L'entretien.

Les Directives ne s'occupent pas en détail de la stabilité des pentes, des questions géotechniques ou hydrologiques et des détails normaux du drainage. Cependant elles fournissent une liste compréhensive de références qui fournissent des détails additionnels et des exemples documentés de façon détaillée des expériences locales et internationales.

Bien que les Directives aient été élaborées spécifiquement pour l'environnement de la CDAA, il y a beaucoup d'aspects qui, avec de bon jugement de l'ingénieur, pourraient s'appliquer à des environnements analogues ailleurs.

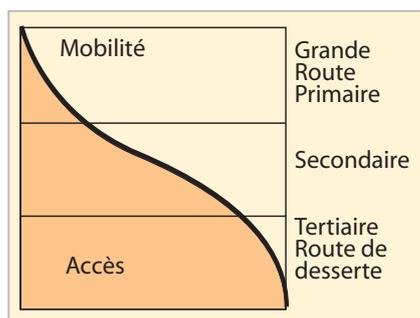
1.3 Accent

Les Directives se concentrent sur des Routes Revêtues à Faibles Volumes de Circulation (RRFVC) – un terme qui manque d'une définition classique. Les critères typiques de la définition de telles routes comprennent les volumes de circulation, la fonction de la route, la classification administrative et les dispositions pour la gestion et le financement. Le concept d'une route à faible volume de circulation (RFVC) varie aussi de pays à pays, simplement à cause du fait que ce genre de route remplit des fonctions différentes et se trouve dans des milieux différents. Dans le contexte de ces Directives, les RRFVC sont caractérisées par les caractéristiques suivantes qui se rapportent à la région de la CDAA.

Tableau 1.1 – Caractéristiques des RRFVC

● Prise en Charge:	Surtout les collectivités locales/communes mais aussi les administrations provinciales/centrales
● Classification et Fonction:	Surtout les routes secondaires ou routes tertiaires/routes de dessertes, mais elles peuvent aussi être des routes principales/primaires. Elles desservent principalement les peuplements ruraux de la plupart des pays – généralement plus de 75% des habitants.
● Gestion et Financement:	Les collectivités locales en ce qui concerne les routes tertiaires/artères, l'administration centrale en ce qui concerne les routes primaires/secondaires
● Fonction:	Economique/sociale/administrative/politique.
● Traits physiques:	La plupart de ces routes ne sont pas revêtues – elles sont partiellement construites en voie unique ou voie double, en terre ou sable avec des couches de roulement élevées, du drainage à coté et des structures de drainage transversal, y compris des passages élevés ou basses au-dessus des cours d'eau.
● Circulation:	Un relativement "faible volume de circulation", mais généralement jusqu'à 200 v.p.j., avec des véhicules motorisés et non motorisés

La nature multi facettée



Les RFVC ont des multiples facettes. A un extrême, elles constituent un lien de mobilité dans la chaîne de transport routier entre le réseau routier principal et le marché local. A l'autre extrême, elles constituent un lien d'accès dans la chaîne de transport routier, avec une extrémité dans les champs ou villages et l'autre dans le marché de la ville.

Les routes à faibles volumes de circulation dans la région se trouvent dans une grande variété de milieux. En pratique les classifications et fonctions souvent coïncident en partie et des distinctions nettes ne seront pas évidentes sur la base des termes fonctionnels seuls. Néanmoins, l'accent sera placé sur les routes secondaires/tertiaires/artères des régions rurales et peri-urbaines.

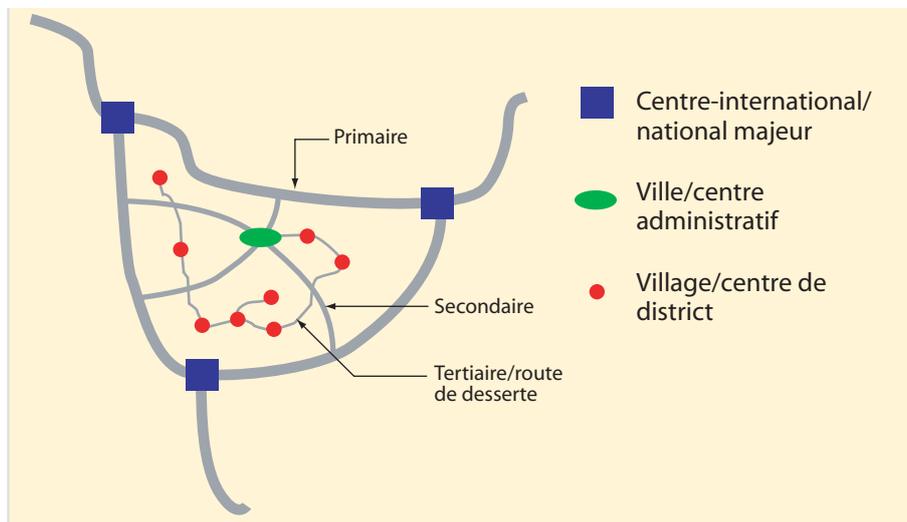


Figure 1.1 - La hiérarchie et la fonction des routes

1.4 Elaboration des Directives

Les Directives font appel à la connaissance accumulée et l'expérience pratique des organismes internationaux de recherche, des consultants et d'autres qui ont expérience de travailler dans la région. Une équipe de spécialistes-clé de chaque domaine technique, en collaboration avec des experts des pays de la CDAA, les a élaborés.

Les Directives sont uniques à cause des aspects importants suivants:

1. Elles ont été élaborées avec un niveau élevé de participation "locale". En conséquence il est possible de saisir et d'incorporer une quantité importante de la connaissance locale dans le document. Les avantages de cette approche comprennent l'élaboration d'un document qui:
 - Reflète les besoins de la région
 - Met l'accent sur la prise en charge locale
 - Facilite une mise en application plus étendue
 - Améliore les perspectives d'une mise en application durable.
2. Elles font appel aux résultats d'un programme régional de recherche de quatre ans sur les matériaux routiers de la CDAA².
3. Elles mettent l'accent sur la nature multidimensionnelle de la mise à disposition des RRFVC, tout en prêtant attention équilibrée aux aspects de la mise à disposition des RFVC qui sont négligées dans la plupart d'autres directives, tels que les aspects politiques, sociaux, institutionnels et financiers.

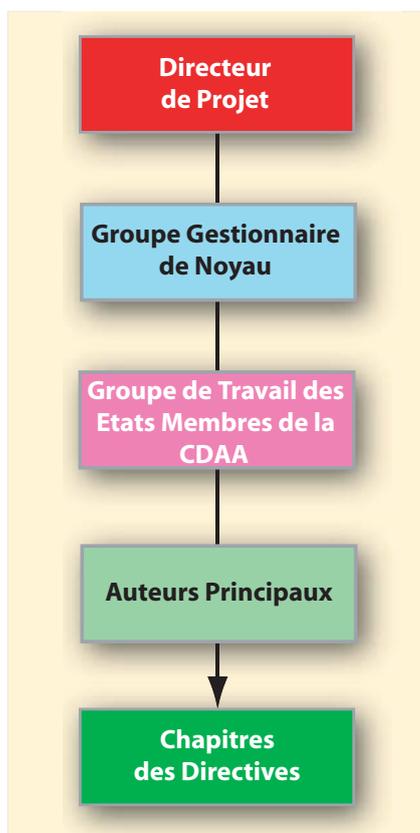


Schéma de l'organisation de la gestion et du développement des Directives.

1.5 Structure et Contenu

Les Directives sont divisées en huit chapitres qui, collectivement, s'occupent des aspects différents de la mise à disposition des RRFVC, comme présentés ci-dessous.

1 Introduction

Elle constitue l'introduction aux Directives, y compris une vue d'ensemble du centre d'intérêt du document, et l'approche recommandée, par contraste avec les approches antérieures de la mise à provision des routes. En ce contexte, le but, la portée, le développement et la structure des Directives sont soulignés.

2 Cadre régional

Elle fournit le cadre géographique de la région de la CDAA. Elle donne une vue d'ensemble du réseau routier de la région aussi bien que ses détails différents. Elle souligne le challenge affronté par la mise à disposition des RRFVC d'une façon durable et les développements qui se réalisent dans le domaine de la réforme du secteur routier. Elle souligne les composantes principales de la mise à disposition des RRFVC.

3 Questions de Planification, d'Évaluation et l'Environnement

Ce chapitre fournit un cadre holistique de la planification et évaluation des RRFVC et met en relief des facteurs-clé extérieurs qui impactent sur leur mise à disposition. Il s'adresse au procès de l'établissement des coûts de la durée de la vie et la convenance des outils d'évaluation disponibles dans ce but. Il discute des différentes questions environnementales, y compris l'importance du procès d'Évaluation d'Impact sur l'Environnement (EIE) dans le procès de planification.

4 Conception géométrique et la Sécurité Routière

Il introduit les facteurs ayant rapport au choix de normes appropriées au dimensionnement des RRFVC et les mesures impliquées dans la sélection des solutions appropriées. Il résume tant les techniques conventionnelles que les méthodes improvisées à bas coûts et l'implication de toutes les deux méthodes sur les coûts, facteurs environnementaux et la sécurité. Il souligne les mesures d'amélioration de la sécurité routière des RRFVC.

5 Dimensionne- ment des Chaussées, Matériaux et Revêtements

Il fournit une approche systémique au dimensionnement des chaussées des RRFVC et des revêtements, basée sur les résultats des recherches faits et de la pratique dans la région. Il souligne l'importance de pourvoir au drainage extérieur et intérieur des chaussées afin de mettre leur performance en valeur.

6 Construction et Drainage

Il donne des conseils sur la choix des méthodes disponibles pour la construction de RRFVC en mettant l'accent sur des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre. Il comprend des exemples visant à l'optimisation de l'utilisation des technologies de la main-d'œuvre et des matériels au sein d'un environnement favorable de sous-traitance visant à la maximisation de l'emploi de petits entrepreneurs locaux.

7 Entretien et Gestion Routière

Il souligne l'importance de l'entretien et les défis affrontés en les réalisant effectivement et efficacement. Il montre les caractéristiques particulières des RRFVC, y compris les caractéristiques de leur dégradation. Il met en relief les fonctions typiques de la gestion de l'entretien et réfléchit aux aspects contractuels de la réalisation des travaux d'entretien. Il met en relief le rôle, fonction et critères de sélection des systèmes de gestion routière.

8 De la Vision à la Pratique

Il résume la motivation pour l'élaboration des Directives, ainsi que celle de l'adoption des approches recommandées. Il souligne le chemin de la mise en application des Directives et indique les barrières qui doivent être surmontées afin d'achever ce but et le besoin de prendre en compte de nombreux facteurs non techniques qui souvent ont une influence sur la manière de construire les RRFVC.

1.6 Mise à Jour

Puisque la technologie du génie routier et les méthodes perfectionnées de la mise à disposition des routes à faibles volumes de circulation sont continuellement en train d'être étudiées et changées, il sera nécessaire de mettre les Directives à jour périodiquement afin de tenir compte des perfectionnements dans la pratique.

Les Directives ont été produites en format à feuilles mobiles afin de permettre l'insertion éventuelle des notes. De plus, elles ont été produites sur disque compact (CD) et on les a mis sur le [website www.sadc.int](http://www.sadc.int). Elles sont également disponibles dans toutes les trois langues officielles de la CDAA – l'anglais, le français et le portugais.

1.7 Sources d'Information

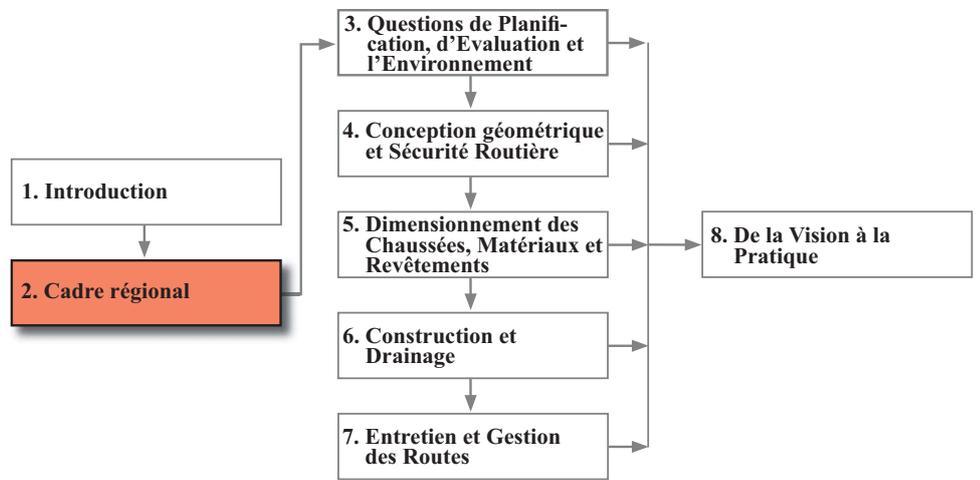
En plus des références citées dans le texte de chaque chapitre, on a aussi ajouté une bibliographie étendue pour les lecteurs qui sont désireux d'obtenir d'information additionnelle au sujet de beaucoup de thèmes discutés. On a également ajouté une liste de tous les organismes principaux qui produisent des publications pertinentes ainsi que des renseignements pour faciliter le contact avec eux.

1.8 Références et Bibliographie

Références

1. Transportation Research Board (1979). *Low-volume Roads: Second International Conference*. Transportation Research Record 702. National Academy of Sciences, Washington, D.C., Etats Unis, août, 1979.
2. Gourley C S and PAK Greening (1999). *Performance of Low-volume Sealed Roads: Results and Recommendations from Studies in Southern Africa*. Project Report PR/OSC/167/99. TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni, novembre, 1999.
3. Norwegian Public Roads Administration (1999). *A Guide to the Use of Otta Seals*. Road Technology Department (NRRL), Publication No. 93, Oslo, Norvège, août, 1999.
4. Netterberg F and P Paige-Green (1998). *Pavement Materials for Low-volume Roads in Southern Africa: A Review*. Annual Transportation Convention, S.443, Vol. 2D, Pretoria, Afrique du Sud, juillet, 1988.
5. Transport Research Board/National Research Council (1995). *Assessing Worldwide Low-volume Roads: Problems, Needs and Impacts*. Transport Research Circular No. 446, Washington D.C., Etats Unis, mai, 1995.

Chapitre 2



Cadre régional

2

2.1	Introduction	2 - 1
2.1.1	Contexte	2 - 1
2.1.2	But et Portée du Chapitre	2 - 1
2.2	La Région de la CDAA	2 - 2
2.2.1	Cadre Géographique	2 - 2
2.2.2	Réforme du Secteur Routier	2 - 2
2.3	Le Réseau Routier Régional	2 - 5
2.3.1	Le Réseau Routier	2 - 5
2.3.2	Les Routes et le Développement Economique	2 - 6
2.4	Détails du Réseau Routier	2 - 7
2.4.1	Classement et Flux de la Circulation.....	2 - 7
2.4.2	Normes de Conception.....	2 - 7
2.4.3	Conditions Routières	2 - 7
2.4.4	Sécurité Routière.....	2 - 8
2.5	Routes Revêtues à Faibles Volumes de Circulation	2 - 9
2.5.1	Le Défi	2 - 9
2.5.2	Questions des Routes en Gravier	2 - 9
2.5.3	Besoin des Stratégies Durables	2 - 10
2.5.4	Composantes Principales de la Mise à Disposition des RRFVC.	2 - 12
2.6	Résumé	2 - 14
2.7	Références et Bibliographie	2 - 15

Cadre régional

2

2.1 Introduction

2.1.1 Contexte

Le transport routier est essentiel pour l'opération de l'économie de la LCDAA et pour le développement des marchés nationaux et régionaux. Consistant en un parc global de plus de 10 millions de véhicules en 2002, il est le mode dominant des transports du fret et des passagères et transporte environ 80 pour cent du commerce global en biens et services de la région. Il représente aussi environ 20 pour cent de tout le commerce transfrontalier.

En commun avec beaucoup de pays en voie de développement, un pourcentage élevé de la population de la région de la CDAA habite les zones rurales où l'activité économique dominante est l'agriculture. Dans ce contexte, les routes à faible trafic remplissent une fonction critique dans la mesure où généralement elles assurent le seul moyen de transport pour ces communautés et fournissent de la mobilité aux gens et l'acheminement de la production des près aux marchés. L'existence d'un bon réseau routier rural est donc essentielle à l'amélioration des moyens d'existence ruraux et de la croissance et du développement socio-économiques.

Malheureusement, malgré les placements financiers importants dans l'infrastructure des transports routiers, les coûts des services du transport par route sont encore extrêmement élevés, en particulier dans les zones rurales où l'insuffisance de l'infrastructure des transports routiers et le manque de mobilité imposent des contraintes sévères sur le développement. Il y a plusieurs raisons pour cette situation insatisfaisante, dont on peut attribuer une partie à la nature douteuse des approches différentes adoptées pour la prestation des RRFVC, qui se sont montrées non durables.

2.1.2 But et Portée du Chapitre

Le but principal de ce chapitre est d'établir le fond de la région de la LCDAA, contre lequel les caractéristiques du réseau routier ont présentées. Des questions ayant rapport à la durabilité du réseau des routes en gravier et les défis posés par les approches alternatives à la prestation des routes revêtues à faible trafic sont décrits. Une nouvelle approche, plus durable et multidimensionnelle est recommandée, qui est mise dans le contexte des reformes qui ont lieu dans le secteur routier de la région de la CDAA. Bien que le but primaire de ces initiatives soit d'améliorer la gestion et le financement des routes, elles faciliteront également la mise en application des approches recommandées dans ces Directives.



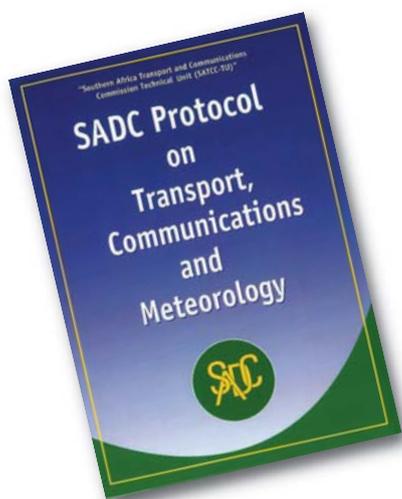
L'agriculture représente l'activité dominante dans les zones rurales de la plupart des pays de la CDAA.

La vision de la CDAA est de transformer les pays d'Afrique Australe, qui fonctionnent comme quatorze marchés individuels et fragmentés, en un seul marché intégré, vibrant, compétitif et global, caractérisé par l'acheminement libre de biens, services et de main-d'œuvre. Le transport, surtout le transport routier, est une composante intégrale de cette idée.

Une des premières priorités institutionnelles identifiées par la CDAA était l'établissement de la Commission des Transports et des Communications d'Afrique Australe (CTCAA) pour coordonner l'utilisation des systèmes existants et la planification et le financement de l'infrastructure régionale supplémentaire des transports. Le transport est donc le point central initial pour des mesures régionales.



La majeure partie du réseau routier rural de la CDAA n'est pas encore revêtue et est dans un état médiocre.



2.2 La Région de la CDAA

2.2.1 Cadre géographique

La Communauté de Développement d'Afrique Australe (CDAA) est un groupement économique de quatorze pays situés en Afrique australe et qui ont une superficie globale d'environ 10 millions de kilomètres carrés et une population de près de 200 millions de personnes. De ces quatorze pays, six sont sans débouché sur la mer et deux sont des états insulaires, comme l'indique la Figure 2.1.



Figure 2.1 - La Communauté du Développement d'Afrique Australe

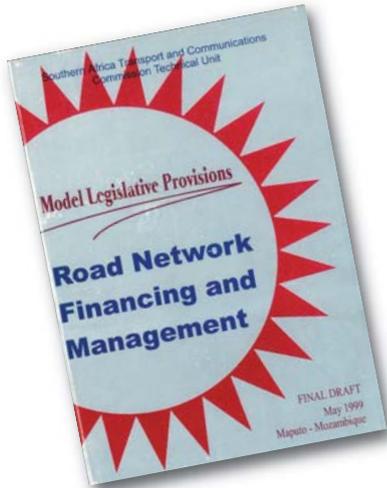
La région de la CDAA est diverse, ayant des climats variant de vrais déserts aux savanes aux forêts tropicales. Bien que les bases des ressources naturelles varient, la plupart des économies des différents pays sont agraires et environ 80 pour cent de la population habitent et travaillent dans les zones rurales. Dans une telle situation, les routes rurales jouent un rôle critique en support de la croissance et du développement socio-économiques et, en fin du compte, dans l'allègement de la pauvreté – un but fondamental de tous les Gouvernements de la CDAA.

2.2.2 Réforme du Secteur Routier

Depuis la fin des années 1990 la région de la CDAA a connu un "vent de changement" dans son approche à la gestion et au financement des routes. Il est devenu plus manifeste que les approches classiques, qui ont dépendu des administrations pour gérer les routes et pour les financer avec des crédits budgétaires, n'ont pas fonctionné de façon satisfaisante.

Ceci a abouti au développement du Protocole sur les Transports, Communications et Météorologie de la CDAA¹.

Le Protocole de la CDAA promeut ce qui peut-être est la série la plus influente de changements qu'on n'a jamais contemplés dans le secteur routier d'Afrique subsaharienne. L'idée stratégique du Protocole est de fournir "un système routier qui est sûr, durable, effectif et efficace" à l'appui de la croissance et développement socio-économiques de la région. Depuis sa ratification par tous les états-membres, le Protocole la CDAA a été mis en application dans des mesures différentes et avec plus ou moins de succès. Tous les états seront obligés de respecter les Conditions du Protocole avant 2010.



Cadre 2.1 - Les caractéristiques principales du Protocole sur les Transports, Communications et Météorologie de la CDA

Le Protocole de la CDA engage les états au développement d'une politique régionale harmonisée pour le secteur routier, avec les caractéristiques principales suivantes:

- Une répartition et attribution claires de l'autorité et responsabilités pour *le financement routier et la gestion routière*
- L'établissement des administrations routières *responsables et autonomes* avec la participation des secteurs publics et privés dans les procès-clés de prise de décisions et qui ont la capacité de se profiter de l'expertise hors des restrictions de la fonction publique
- L'adoption de *pratiques de gestion commerciales* afin de promouvoir l'efficacité institutionnelle, économique et technique, entre autres, par l'introduction de concurrence dans l'entreprise de toute sorte d'activité liée aux routes et par l'adoption d'une préférence pour la sous-traitance de toute sorte d'activité liée à la construction et à l'entretien routiers
- L'adoption des *principes et pratiques appropriées du financement* afin d'assurer un flux régulier de finances suffisantes par l'expansion de la tarification des usagers de la route
- La *consécration des recettes routières* à leur construction, opération et entretien
- L'identification des sources durables de financement afin d'assurer un flux régulier de fonds.

Cadre institutionnel de la CDA

Le cadre institutionnel de la CDA différencie clairement et sans ambiguïté entre les rôles séparés et discrets joués par les parties intéressées-clés du secteur routier dans la formulation des politiques, la livraison politique et la réalisation des travaux, comme l'indique la Figure 2.2.

Le but de la réorganisation de la gestion et du financement routiers dans la région de la CDA, au sein d'un cadre institutionnel plus commercialisé est d'assurer qu'il y a la capacité institutionnelle pour soutenir les améliorations de la capacité technique, telles que dans les opérations d'entretien et dans la gestion.

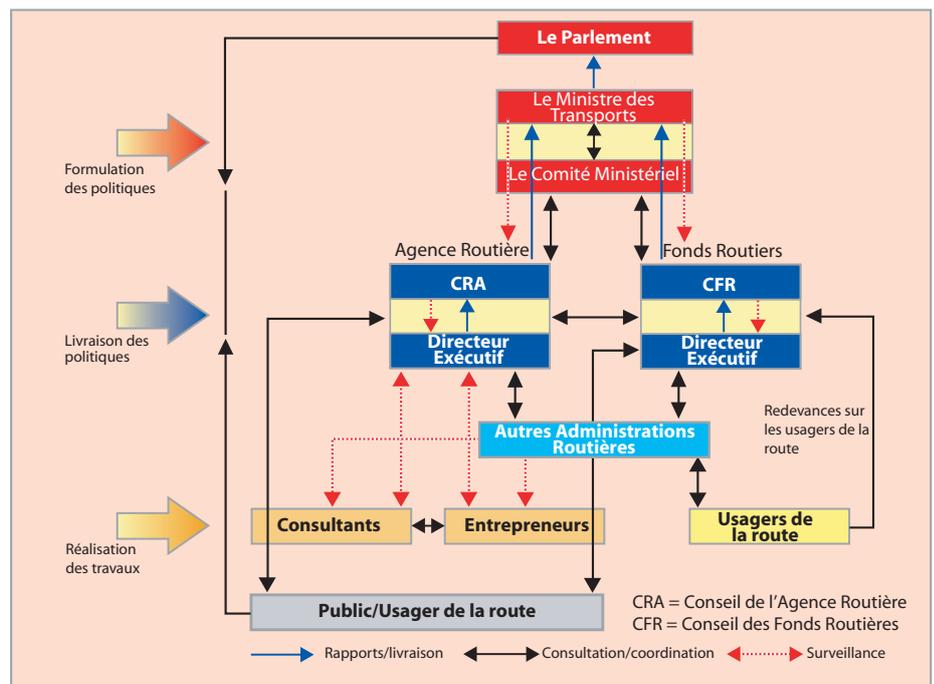


Figure 2.2 - Cadre institutionnel de la CDA pour la gestion et le financement des routes²

Au sein du nouveau cadre institutionnel de la CDAA, la politique, la gestion, le financement et les opérations sont traités comme indiqué ci-dessous:

Formulation de Politique: L'autorité légale absolue du réseau routier est conférée à un *seul Ministère* qui est responsable de toutes les affaires concernant les règlements, les politiques, les normes et la législation. Le Ministère a l'autorité sur l'Agence du Transport/des Routes. Son autorité sur le Conseil National Routier est limitée à l'approbation du niveau des redevances sur les usagers de la route recommandées par le Conseil pour le financement des travaux d'entretien et d'amélioration routière et à la surveillance de la conformité du Conseil aux termes contenues dans la législation selon lequel il fut établi.

Un Comité Ministériel remplit la fonction d'un forum pour la coordination des politiques par rapport aux administrations nationales, régionales et locales. Le Comité joue aussi un rôle important dans la promotion de transparence et responsabilisation et dans la démocratisation des prises de décisions en ce qui concerne les routes.

Gestion: Une *Agence Routière* autonome ou semi autonome "à bout des bras" a remplacé (ou a commercialisé) l'ancienne Administration Routière au sein du Ministère des Transports. En principe elle a les mêmes fonctions que celles de l'ancienne Administration Routière en termes de la gestion et planification stratégiques du développement, entretien et réhabilitation du réseau routier national, sauf que ces derniers se réalisent d'une façon commerciale. Un Conseil Routier, dont la majorité des membres appartiennent au secteur privé, surveille l'Agence et cette Agence sont gérée au jour le jour par un chef de la Direction Générale (CDG).

Financement: Un Fonds Routier Autonome ou semi autonome "à bout des bras" fonctionne comme une agence commerciale avec la responsabilité pour le financement des routes.

- Il fonctionne comme canal pour la réception de toutes les revenus destinées aux routes
- Il débourse des fonds aux Agences Routières sur la base de procédés simples et transparents
- Il vérifie la conformité par l'emploi de principes bien définis d'audit.

Le financement durable de l'entretien routier est basé sur le principe de tarification des usagers et est réalisé par des *Redevances sur les Usagers*. Ces redevances reflètent l'utilisation des routes et typiquement comprennent des droits sur les carburants (essence et diesel), des droits d'immatriculation des véhicules, y compris des droits supplémentaires sur des véhicules lourds, amendes infligées à cause de la surcharge des véhicules et tout autre droit d'utilisateur qui peut être décidé par le Parlement.

Les fonds provenant de la tarification des usagers ne devraient pas être dépensés nécessairement selon le niveau de circulation. Il est probable que les routes "sociales" à faible trafic requerront des subventions provenant des recettes des routes "économiques" à fort trafic.

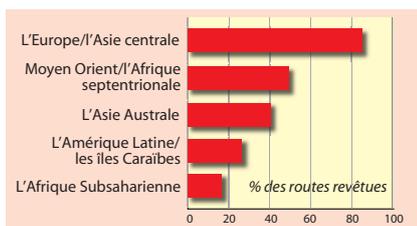
Opérations: Tout genre de travaux de construction et entretien routiers devrait être donné en sous-traitance au secteur privé par le moyen des procès d'adjudication plutôt qu'être réalisé en régie ou par opérations de main-d'œuvre directe. De plus en plus on regarde l'exécution de travaux en sous-traitance sous des contrats à terme spécifiques en fonction de performance et l'emploi de Petits Entrepreneurs comme la méthode de choix de donner les travaux d'entretien routier en sous-traitance, par contraste avec le contrat traditionnel qui, ordinairement, est basé sur des spécifications d'entrée un peu prescriptives et qui se servent des grands entrepreneurs étrangers.

2.3 Le Réseau routier régional

2.3.1 Le réseau routier

La longueur globale du réseau routier classé dans la CDAA est un peu plus de 930 000 Km, dont environ 20 % sont revêtues. Plus d'une moitié du réseau total de la région se trouve en Afrique du Sud (511 000 Km). Il existe aussi un vaste réseau de routes rurales dans la région de la CDAA, environ 430 000 Km composés essentiellement de routes en gravier à deux voies praticables en toute saison et de pistes saisonnières. La plupart de ces routes ont été construite pendant l'époque d'après l'indépendance des années 1960 et 1970 et représentent un des biens les plus importants de la région, dont les coûts actuels de remplacement excèdent 50 milliards de dollars américains.

Le réseau régional des grandes routes de la CDAA (RRGR) comprend environ 50 000 Km de routes régionales stratégiques qui assurent la liaison entre les villes capitales, les ports majeurs régionaux et d'autres régions d'importance économique. De plus, une proportion importante du réseau routier rural non revêtu (environ 30 pour cent) porte des taux de circulation relativement bas et, en conséquence, ces routes sont classées comme "routes à faible volumes de circulation".



L'Afrique subsaharienne, y compris la région de la CDAA, se laisse considérablement distancée par l'Asie et Amérique Latine en termes de couverture et densité routières³.

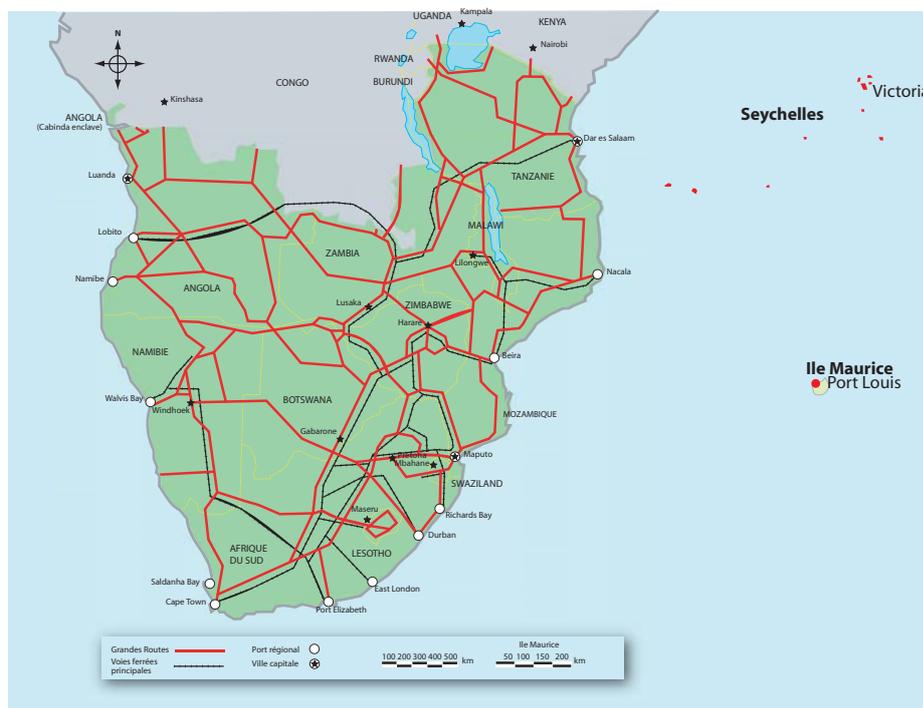
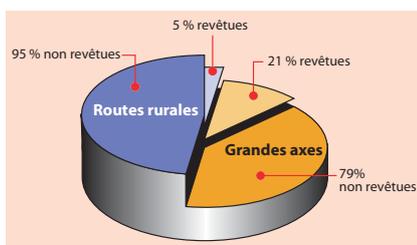


Figure 2.3 - Le réseau des grandes routes régionales de la CDAA (2001) (A l'exclusion de la République Démocratique du Congo)

En moyen il y a environ 5.6 Kms de grande route pour chaque 100 kilomètres carrés, qui est faible par rapport à d'autres régions en voie de développement, telles que l'Amérique Latine (12 Km/100 Kms carrés) et l'Asie (18 Km/100 Km carrés).



Une proportion importante des réseaux des grandes routes et des routes rurales est non revêtu.

Grandes Routes			Routes Rurales			Réseau Global		
Revêtues	Non revêtues	Total	Revêtues	Non revêtues	Total	Revêtues	Non revêtues	Total
105,122	395,900	501,022	21,559	409,626	431,185	126,681	805,526	932,207
21.0%	79.0%	100.0%	5.0%	95.0%	100.0%	13.6%	86.4%	100.0%

Source: Compte Rendu de SAGP Consultants; Mises à jour par les Etats – Membres de la CDAA (2001)⁴. A Noter: les classements ne sont pas uniformes. Les "grandes routes" peuvent comprendre les grandes routes et les routes régionales, primaires et secondaires.

*A l'exclusion de la République Démocratique du Congo

Les placements de fonds dans le transport routier devraient être vus comme partie d'une approche intégrée qui prend en compte le contexte économique et sociale où les améliorations se produisent et devraient comprendre également des politiques additionnelles sur d'autres aspects (par ex. le marketing, l'enseignement, l'impulsion à la demande) qui aboutiront à des rendements sociaux plus élevés du placement.

La densité du réseau routier dans les pays développés est généralement plus élevée que celle des pays en voie de développement. Cependant, les coûts de construction des routes ne sont pas proportionnels aux richesses d'un pays, par exemple, en termes du rapport PIB/habitant. En conséquence, puisque le rapport PIB/habitant est 10 à 20 fois moins élevé dans les pays en voie de développement, les coûts de la prestation des routes sont 2 à 3 fois plus élevés que dans les pays développés. Il est donc très important que les coûts de la construction des routes revêtues soient minimisés par la sélection des normes appropriées et des stratégies de mise en application.

2.3.2 Les Routes et le Développement Economique

Le rôle précis joué par le développement économique est complexe mais le rapport entre eux est généralement admis, et la plupart des économistes sont d'accord que le placement financier dans l'infrastructure des transports est une contribution positive. Cependant, la mise à disposition de l'infrastructure des transports routiers toute seule ne suffit pas pour permettre la réalisation de tous les avantages potentiels de placements financiers. En fait, des recherches récentes⁵ souligne deux aspects importants qui devraient être pris en considération par les décideurs politiques: l'accès aux moyens de transport et l'organisation commerciale des biens et des services du transport. *Ainsi, les gouvernements de la CDAA devraient s'occuper du besoin de crédit, des véhicules à bas prix, et des moyens intermédiaires du transport, et devraient également être prêts à intervenir dans les marchés afin d'assurer que les avantages soient répandus.*

Les avantages émanant des placements financiers dans les routes varient considérablement, dépendant de la nature des interventions et du contexte social et économique des lieux où ils ont lieu. Par exemple, dans ces régions rurales de l'Afrique australe où l'infrastructure est si rudimentaire que l'exploitation des véhicules est difficile ou presque impossible, la facilitation du changement aux transports motorisés aboutirait à des avantages importants.

En termes du rapport entre les kilomètres des routes revêtues pour chaque million de gens et le PIB par habitant, la région de la CDAA est classée relativement bas (cf. Figure 2.4). Ainsi, l'amélioration de l'efficacité des RRFVC pour les assurer à des coûts moins élevés et plus abordables que jusqu'à présent, promet de résulter en avantages importants pour l'économie de la région et, en conséquence, d'alléger la pauvreté.

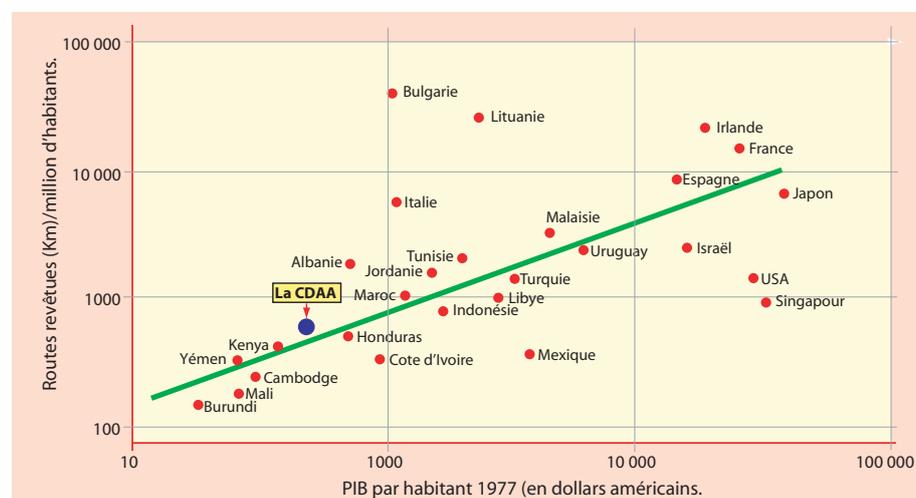


Figure 2.4 - Comparaison de la densité des routes revêtues et le PIB par habitant

2.4 Détails du Réseau Routier

2.4.1 Classement et flux de la circulation

Les routes dans la région de la CDAA sont typiquement classées selon leur fonction comme indiquée en Tableau 2.2 et illustrée dans la Figure 1.1.

Tableau 2.2 - Fonctions des routes et classements types

Fonction de la Route				Classement de conception	Circulation (TMJA)	Genre type de surface
GA	P	S	T			
				A	> 2000	Revêtue
				B	500 - 2000	Revêtue
				C	200 - 500	Revêtue/non revêtue
				D	50 - 200	Non revêtue
				E	< 50	Non revêtue

Légende: GA = Grande Axe P = Primaire S = Secondaire T = Tertiaire/Route de desserte



Les piétons et la circulation non motorisée constituent souvent une proportion importante de la circulation près des villages.

A l'exception de l'Afrique du Sud et de quelques routes internationales à forte circulation, la majorité des grandes routes portent des volumes modérés de circulation, dont un peu plus de 10 pour cent portent plus de 2000 vpj, parmi lesquels environ 25 pour cent comprennent des véhicules commerciaux lourds, qui sont souvent surchargés. Les volumes de circulation sur les routes rurales sont relativement faibles et la plupart de ce réseau porte environ 50 – 200 vpj. Près des centres villageois, la circulation non motorisée, y compris les bicyclettes, comprend souvent une proportion importante de la circulation globale.

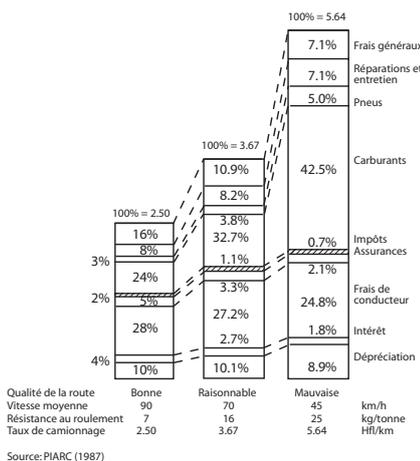
Les caractéristiques de "faible circulation" d'une grande partie des réseaux routiers ruraux dans la région de la CDAA ont des implications pour la conception géométrique et les structures de la chaussée et du drainage, les matériels routiers et pour les pratiques de l'entretien et, même, pour la façon d'effectuer des évaluations pour les placements de fonds.

2.4.2 Normes de conception

Les normes de conception dans la région de la CDAA diffèrent considérablement, en reflétant soit le pratique dans les pays développés avec lesquels les états-membres ont de liens, soit les préférences des consultants internationaux – généralement financés par les bailleurs de fonds - qui ont travaillé dans le pays. Ainsi les normes britanniques, américains, portugais, français, allemands et des normes d'ailleurs ont marqué l'infrastructure routière de leur influence. Dans bien des cas ces normes ont été inappropriées à une mise en application coût-efficace dans la région de la CDAA, où les conditions physiographiques, socio-économiques et environnementales diffèrent beaucoup de celles des pays d'origine des normes.

2.4.3 Conditions routières

Environ 50 pour cent du réseau revêtu des grandes routes est actuellement (2001) en bon état, le reste étant classifié comme passable ou médiocre, comme indiqué dans la Tableau 2.3. Le réseau des grandes routes non revêtue est beaucoup pire que le réseau routier revêtu, avec moins de 40 pour cent en bon état. Le résultat net est que les frais du transports sont très élevés, estimés à quatre ou cinq fois plus élevés que ceux des pays développés et, dans le cas de plusieurs pays sans débouché sur la mer, représentent jusqu'à 30 ou 40 pour cent du prix des biens⁶.



L'impact de l'état des routes sur les frais de camionnage – tant les coûts d'exploitation que les coûts d'entretien - montent en flèche plus et plus rapidement en fonction de la détérioration de l'état de la surface. (AIPCR, 1987)

Est-ce qu'aucun pays peut se permettre des supporter des routes en cet état?



“Mon pays n’était jamais si riche que ses moyens lui permettaient de se contenter des routes médiocres.”

(Guillaume le Conquérant, Cadastre de l’Angleterre, 1086).



Le taux élevé d’accidents routiers dans la région de la CDAA est une source de pertes et de dommage au commerce et constitue une des causes principales des blessures et des morts.

Tableau 2.3 - Etat des grandes routes dans la région de la CDAA

Grandes routes	Etat de Route (moyen pondéré)		
	Bon	Passable	Médiocre
Revêtues	49	36	15
Non Revêtues	38	31	31

Sources: Compte-rendu par SAGP Consultants à la CCTAA ⁴.
Mises à jour par des états-membres (2001)

Notes

Bon: Effectivement exempt de défauts, n’ayant besoin que d’entretien courant. Les routes non revêtues n’ont besoin que de l’aménagement courant et des réparations ponctuelles.

Passable: Ayant des défauts importants et ayant besoin de revêtement ou de renforcement. Les routes non revêtues ont besoin de remaniement ou rechargement et des réparations ponctuelles du drainage.

Médiocre: Ayant des défauts extensifs et ayant besoin de réhabilitation ou de reconstruction immédiate. Les routes non revêtues ont besoin de reconstruction et des travaux majeurs de drainage.

La pauvreté rurale dans la région de la CDAA est aggravée par les mauvaises conditions prévalentes des routes qui ont un impact défavorable sur l’accessibilité et, en conséquence, restreint le rôle facilitateur du transport dans les activités de production et de consommation. Des améliorations de la qualité et fiabilité du réseau routier rural sont donc essentielles au développement, à l’allègement de la pauvreté, le but principal de tous les gouvernements de la CDAA.

Pour ces raisons, la plupart des placements actuels dans le sous-secteur routier impliquent l’amélioration de ces routes rurales secondaires et routes de desserte qui portent généralement des faibles volumes de circulation à coût minimal de leur durée de vie – le point central de ces Directives.

2.4.4 Sécurité routière

Il y a un problème grave de la sécurité routière dans tous les pays dans la région de la CDAA. Ceci se caractérise par le taux élevé d’accidents routiers impliquant des piétons et d’autres usagers vulnérables de la route, surtout sur les routes rurales où les vitesses des véhicules ont la tendance d’être relativement élevées. On estime que les taux d’accidents mortels, par rapport au parc des véhicules, sont 30 à 40 fois plus élevée que ceux dans les pays développés et qu’ils coûtent la région entre un et trois pour cent de leur PIB annuel ⁷.

Heureusement il est maintenant généralement reconnu qu’il y a encore beaucoup à faire pour améliorer la situation médiocre de la sécurité routière. Ceci comprend des améliorations du dimensionnement des routes ainsi que l’utilisation plus répandue des audits de la sécurité routière. Ces aspects, entre autres, seront discutés dans le Chapitre 4 des Directives.

2.5 Routes revêtues à faibles volumes de circulation

2.5.1 Le défi

Plusieurs facteurs se combinent pour devenir un défi majeur affrontant la prestation des RRFVC. En cet égard:

- Généralement ils constituent une proportion élevée (typiquement 80 pour cent) du réseau routier, pour lequel les ressources sont sévèrement limitées.
- Il y a une tendance d'affecter les fonds limités aux Routes à Fort Trafic, qu'on perçoit comme réalisant une fonction économique importante, bien que les Routes à Faible Trafic ne réalisent pas des fonctions moins sociales et importantes.
- La méthodologie de l'évaluation traditionnelle des placements souvent traite des avantages sociaux et développementaux d'une manière inadéquate.
- Il existe une tendance de mettre l'accent sur les aspects techniques des RRFVC, sans faire attention adéquate aux autres environnements dans lesquels ils marchent et qui ont une influence sur leur durabilité à long terme.
- Le génie routier traditionnel, la conception et les normes appliqués aux routes à des volumes de circulation plus élevées, sont souvent inappropriés pour les RRFVC et, lorsqu'on s'en sert, aboutissent inutilement à des solutions coûteuses.
- Bien que les volumes de circulation puissent être relativement bas, les charges des véhicules sont souvent élevées, avec une surcharge significative. Le résultat est que les structures relativement légères des chaussées qui, autrement, seraient appropriées, deviennent vulnérables à la surcharge.
- L'affectation des fonds limités pour la recherche a la tendance d'être priorisée en faveur des routes à forte circulation, qui sont considérées comme rendant des taux de rentabilité plus intéressants.

En plus des défis affrontés par les agences routières en la prestation des RRFVC, les agences transporteurs font face également au défi majeur de mettre des services du transport à la disposition des communautés rurales. Cependant, bien que les deux sujets soient étroitement apparentés, ce dernier sujet ne fait pas partie du champ de ces Directives.

2.5.2 Questions des routes en gravier

Une proportion importante des réseaux routiers ruraux et, à un moindre degré, des réseaux des grandes routes dans la région de la CDAA n'est pas encore revêtue. Il faut recharger ces routes continuellement, en utilisant les graviers qui se trouvent dans la nature, une ressource limitée et non renouvelable qui est souvent peu abondante.

En pratique, beaucoup de pays ne disposent pas des ressources financières nécessaires pour soutenir leurs réseaux de routes en gravier. Comme illustré dans la Figure 2.5, ceci aboutit rapidement à la perte totale du placement, ainsi que de l'accès à toute saison par les communautés desservies par ces routes.

Dans le passé on ne s'occupait explicitement pas des normes du dimensionnement géométrique dans la région de la CDAA. Tant des planificateurs que des concepteurs routiers se trouvaient faces au choix de se servir des normes "nationales" importées qui furent développées pour une catégorie de routes plus élevée, ou en abaissant ces normes plus élevées afin de répondre à des contraintes économiques, généralement sans base logique pour le faire.



Basée sur un cycle typique de rechargement de 3 à 4 ans et une épaisseur de gravier de rechargement de 100 mm sur une chaussée large de 6.5 m, la consommation annuelle de gravier dans la région est de l'ordre de 150 millions de mètres cubes. Est-ce que ce procès est durable au moyen ou long terme ? Non!

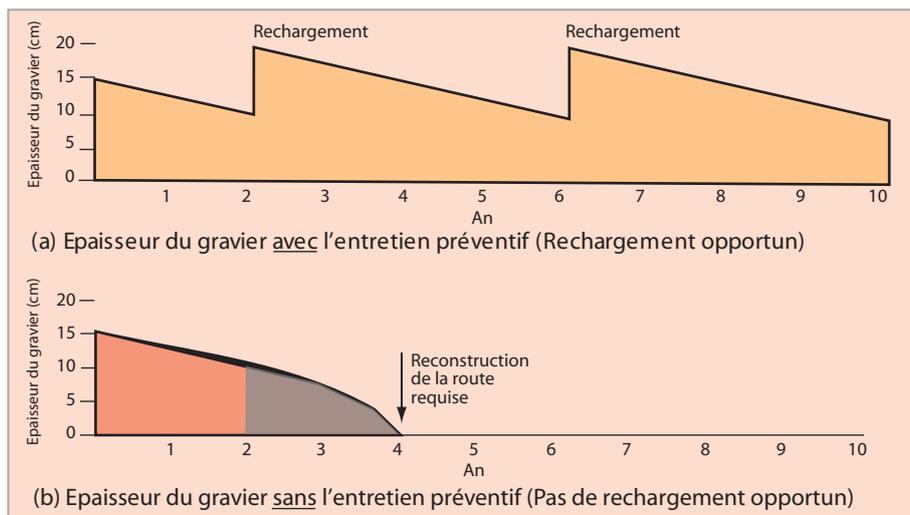


Figure 2.5 - Entretien périodique (rechargement) de routes non revêtues¹⁰

Il existe un nombre d'inquiétudes très graves pour des gouvernements nationaux, agences de développement et communautés rurales en ce qui concerne l'utilisation de surfaces routières en gravier. Elles sont résumées dans le Tableau 2.4.

Tableau 2.4 - Considérations de durabilité des routes en gravier

Question	Facteur de durabilité
<ul style="list-style-type: none"> ● Financière et économique 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Le gravier constitue une assise sacrificable et les coûts de son remplacement sont élevés: <ul style="list-style-type: none"> - La perte annuelle peut atteindre 30 à 150 mm. - Le rechargement coûte entre 5 000 et 30 000 dollars américains par Km par an. L'entretien périodique coûte entre 2 000 et 3 000 dollars américains par Km par an. - Le rechargement continu constitue un fardeau financier important recurrent.
<ul style="list-style-type: none"> ● Institutionnelle et gestionnaire 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Les routes non revêtues: <ul style="list-style-type: none"> - Ordinairement constituent 70 à 90 pour cent du réseau des grandes routes ainsi que la plupart du réseau non proclamé. - Engendrent un cycle continu de dégradation et d'arriéré de travaux d'entretien. ○ Les agences routières: <ul style="list-style-type: none"> - ont le problème de contraintes logistiques, techniques et financières - ne se disposent que des ressources physiques, humaines et naturelles limitées - ont peu de capacité d'entreprendre les travaux d'entretien là où ils sont nécessaires.
<ul style="list-style-type: none"> ● Les normes et la technologie 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Le gaspillage des ressources limitées (le gravelage sélectif est difficile en pratique) ○ Les approches mécanisées chères requises pour le rechargement aboutissent à: <ul style="list-style-type: none"> - des problèmes opérationnels, techniques et du soutien - des fardeaux locaux de financement ○ La durabilité potentielle à long terme des méthodes à forte main-d'œuvre.
<ul style="list-style-type: none"> ● Sociale 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Consommation du terrain et la réhabilitation des emprunts de terre ○ Persistance des problèmes d'accès aux communautés par temps humide ○ Génération de la poussière par temps sec avec des impacts néfastes, y compris <ul style="list-style-type: none"> - Des problèmes de santé - Des problèmes de la sécurité des piétons et des véhicules - Des problèmes de dommage aux récoltes, à l'habitat naturel et aux véhicules.
<ul style="list-style-type: none"> ● Environnementale 	<ul style="list-style-type: none"> ○ L'exigence continue des ressources naturelles non renouvelables qui sont en train de s'épuiser ○ La croissance continue du camionnage et le haussemment continu des coûts ○ La persistance continue de la consommation du terrain ○ La susceptibilité des routes à l'érosion (colmatage des drains et des cours d'eau) ○ Les options de traitement chimique peuvent être dangereuses.

Pour ces raisons, il devrait être très claire que c'est le moment de fournir des solutions plus durables au problème des routes à faible circulation dans beaucoup de pays de la CDAА par le moyen de les revêtir, là où il est praticable, à un coût abordable. Faisant face à ce défi est le point central de ces Directives.



A cause de la perte des fines, les routes en gravier souvent deviennent très rugueuses, qui rendent les conditions de conduite dangereuses et, en plus, du manque sévère de confort du conducteur, aboutissent à des coûts très élevés de l'exploitation des véhicules.



La production de la poussière constitue un hasard continu aux motoristes en train de doubler ainsi qu'aux habitants avoisinants et à leurs récoltes.

2.5.3 Besoin des stratégies durables

Les approches traditionnelles à la prestation des RRFVC ont eu la tendance de se concentrer étroitement sur l’environnement technique, sans considération adéquate d’autres environnements en corrélation, tels que ceux indiqués dans la Figure 2.6. Il a souvent abouti à une absence de sensibilité des besoins de diverses parties intéressées et à la probabilité réduite de réaliser des solutions durables ^{8,9}.

Les leçons apprises dans la région indiquent que, si la prestation des RRFVC devait se réaliser dans une façon plus durable que jusqu’à présent, il y a besoin de nouvelles approches qui concentrent d’une manière plus holistique sur un nombre de facteurs qui agissent au sein des environnements multidimensionnels et conjugués.

De leur nature même, les RRFVC remplissent une variété de fonctions économiques et sociales et leur prestation est influencée par un nombre d’environnements complexes conjugués, dans lesquels plusieurs facteurs non techniques jouent un rôle critique. Ainsi, c’est d’une suprême importance d’insister sur une approche multidisciplinaire et participative à la planification, au dimensionnement, à la construction, à l’entretien etc. des RRFVC.

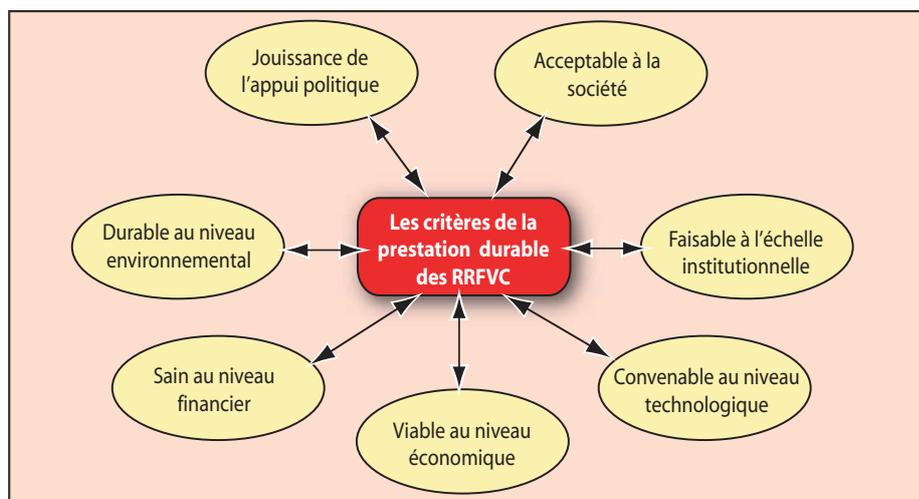


Figure 2.6 - Un nouveau cadre pour la prestation durable des RRFVC

La réalisation de la durabilité de la prestation des RRFVC nécessite un changement important de l’approche étroitement concentrée à une approche multidimensionnelle moins concentrée, dans laquelle on devrait prendre compte d’un nombre de facteurs influents, comme l’indique le Tableau 2.5.

Tableau 2.5 - Facteurs influant sur la prestation les RRFVC dans la région de la CDAA

Environnement	Facteurs de durabilité
● Politique	<p>Politique gouvernemental: souvent il n’y a aucun politique cohérent.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Il y a un besoin de souligner les avantages-clés des RRFVC aboutissant au développement d’une politique compréhensive qui vise à: <ul style="list-style-type: none"> ○ la promotion de la durabilité dans tout aspect de la prestation des RRFVC ○ l’embrassement des buts sociaux et économiques plus larges d’allègement de la pauvreté et, implicitement, de la création des emplois ○ favoriser l’utilisation de la technologie appropriée ainsi que la conscience de l’environnement. <p>Perceptions politiques et publiques: Il y a une tendance de favoriser les approches et normes conventionnelles dont le “risque” perçu est minimal.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Il y a besoin de soutenir un dialogue continu avec les parties intéressées des secteurs politiques et privés afin de: <ul style="list-style-type: none"> ○ souligner les avantages et désavantages des solutions alternatives d’une manière équilibrée et transparente; ○ promouvoir plus résolument les approches innovatrices prouvées et les normes appropriées non classiques en raison de leurs avantages quantifiés.

<ul style="list-style-type: none"> ● Social 	<p>Questions Sociales: C'est en générale le cas que ces questions sont négligées ou deviennent secondaires aux questions techniques et économiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Adoption des stratégies qui: <ul style="list-style-type: none"> ○ soutiennent des méthodes coût-efficaces à forte main-d'œuvre de construction et d'entretien ○ assurent la participation de la communauté dans les politiques traditionnelles, la planification et les décisions ○ éliminent la prévention contre l'un ou l'autre genre et promouvoir la participation des femmes dans les activités à forte coefficient de main-d'œuvre ○ promeuvent les activités et les placements financiers requis pour les moyens d'existence améliorés durables ○ minimisent l'étendu du logement dans de nouvelles habitations et, là où il est inévitable, d'atténuer les effets par les prestations promptes de nouveaux logements et des indemnités.
<ul style="list-style-type: none"> ● Institutionnel 	<p>Capacité institutionnelle: Elle est souvent inadéquate. Il y a une tendance à l'établissement des administrations routières centrales et d'agences routières plus autonomes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Adoption des stratégies qui: <ul style="list-style-type: none"> ○ favorisent les stratégies commerciales de gestion afin de promouvoir l'efficacité institutionnelle, économique et technique dans la prestation des RRFVC ○ réduisent et, à la fin, suppriment peu à peu les opérations en régie au profit de la sous-traitance des travaux au secteur privé ○ définissent et développent l'environnement optimal du développement d'entrepreneurs locaux.
<ul style="list-style-type: none"> ● Technique 	<p>Choix des Technologies: Il existe une grande gamme d'options pour le dimensionnement, construction et entretien des RRFVC.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Adoption des stratégies qui: <ul style="list-style-type: none"> ○ font appel à des normes de conception et des spécifications appropriées; ○ utilisent des technologies qui créent du travail ○ utilisent les genres de contrat qui favorisent l'emploi des entrepreneurs locaux ○ encouragent la sécurité routière dans tout aspect de la prestation des RRFVC.
<ul style="list-style-type: none"> ● Economique 	<p>Analyse économique: Il arrive souvent que les approches classiques ne soient pas en mesure de se profiter de tous les avantages résultant de la prestation des RRFVC.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● L'adoption de stratégies qui: <ul style="list-style-type: none"> ○ intègrent les aspects sociaux, environnementaux et économiques dans l'évaluation d'un projet ○ utilisent les outils appropriés d'évaluation, qui sont capables de quantifier les coûts et avantages sociaux, économiques et environnementaux.
<ul style="list-style-type: none"> ● Financier 	<p>Financement: Il est généralement insuffisant pour satisfaire aux minimums conditions requises.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Adoption des stratégies qui: <ul style="list-style-type: none"> ○ promeuvent la commercialisation du secteur routier ○ assurent des sources durables du financement.
<ul style="list-style-type: none"> ● Environnemental 	<p>L'environnement: Ceci est généralement considéré comme le prix à payer pour le développement et est souvent négligé.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Adoption de stratégies qui: <ul style="list-style-type: none"> ○ minimisent les impacts physiques de la construction et de l'entretien ○ prend en compte les impacts socioculturels (la cohésion de la communauté) ○ gèrent les ressources (le recyclage des matériaux non renouvelables) ○ reconnaissent qu'on devrait prendre des changements climatiques en considération dans le procès du dimensionnement.

2.5.4 Composantes principales de la prestation des RRFVC

Les quatre composantes principales de la prestation des RRFVC qui se trouveront ordinairement dans le nouveau cadre institutionnel de la CDAA sont les suivantes:

- La planification
- Le dimensionnement
- La construction
- L'entretien.

Ces composantes ont des impacts importants mais changeants sur le résultat final – une Route Revêtue à Faible Volume de Circulation – en fonction de leur “niveau d'influence”. Le Figure 2.7 illustre les caractéristiques essentielles du concept de “niveau d'influence” en fonction de l'effet diminuant des coûts de la durée de vie d'un projet de RRFVC au fur et à mesure que le projet se déroule.

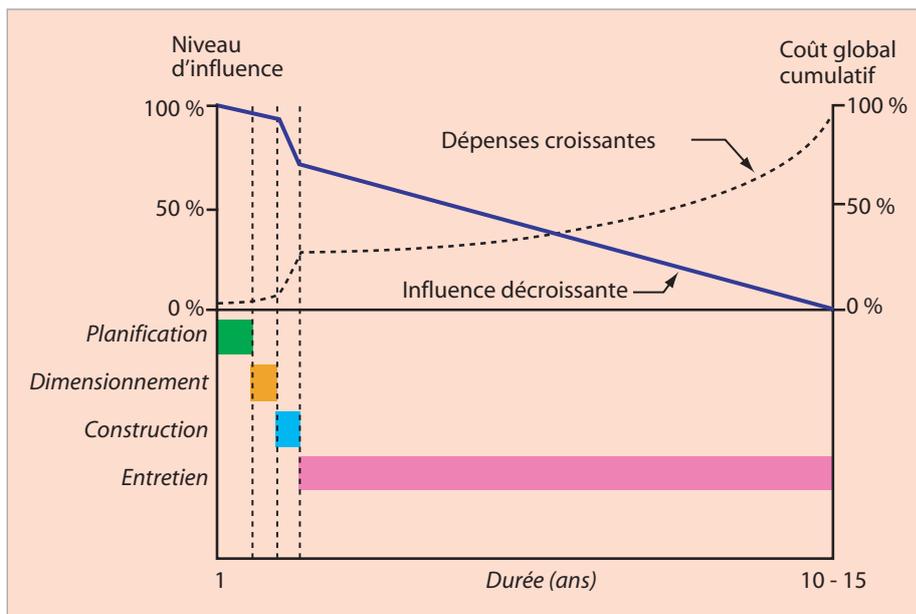


Figure 2.7 - Le niveau d'influence des composantes des RRFVC sur les coûts globaux

Essentiellement:

- Les coûts des phases de planification et du dimensionnement sont relativement bas par rapport aux dépenses totales et sont encourus pendant une période assez courte de la vie du projet. Cependant, le niveau de leur influence en aval est très grand en termes des décisions et engagements faits pendant les premières phases du projet.

Ceci souligne l'importance de se servir d'une large approche holistique pour la planification des RRFVC, avec la participation des parties intéressées principales dans le procès de prise de décisions. De plus, les conceptions employées (géométriques et routières) devraient être appropriées et pertinentes à l'environnement pour lequel la route est destinée.

- Les coûts capitaux de la construction ne représentent qu'une fraction des coûts d'exploitation et d'entretien associés avec la durée de vie d'une chaussée. Cependant les décisions prises pendant la phase de construction et les méthodes de construction adoptées peuvent avoir un grand impact sur les coûts de l'entretien d'une route.

Ceci souligne l'importance d'assurer un haut niveau de contrôle de qualité en l'utilisation des matériaux locaux et par l'adoption de méthodes de construction qui sont appropriées à l'environnement multidimensionnel pour lequel la route est destinée.

- L'entretien prend un nombre important d'années dans la durée de vie du projet et en les phases préalables de planification. La conception et la construction ont une influence importante sur la nature et les coûts de l'entretien requis.

Ceci souligne l'importance de prendre des mesures pour que la phase de l'entretien soit prolongée dans la mesure du possible afin de prolonger la durée effective de la route ainsi que la période pendant laquelle les avantages sont réalisés.

- Au commencement du projet, l'agence routière règle tous les facteurs (influence de 100 pour cent) en ce qui concerne la détermination des dépenses futures. La question-clé est comment optimiser l'utilisation des ressources peu abondantes dans la prestation des RRFVC d'une manière efficace, effective, appropriée et durable.

Les chapitres suivants des Directives traitent à leur tour des composantes principales de la prestation des RRFVC – la planification, le dimensionnement, la construction et l'entretien – avec insistance spéciale sur le concept du "niveau d'influence" décrit ci-dessus.

2.6 Résumé

Les points principaux discutés dans ce chapitre sont:

1. Les routes sont essentielles pour le développement économique et l'allègement de la pauvreté ainsi que pour la création des opportunités d'emploi dans la région de la CDAA. Malgré les placements importants faits dans l'infrastructure routière, les coûts du transport routier restent très élevés, surtout dans les régions rurales, et ceci a eu un impact néfaste sur l'économie régionale.
2. Le réseau routier d'environ 1 million de kilomètres est caractérisé par des très bas taux de circulation (< 200 v/pj) en dehors des zones urbaines, par des normes variables de conception, par des conditions routières médiocres et par un problème très sévère en ce qui concerne la sécurité routière.
3. Plus de 80 pour cent du réseau routier régional est non revêtu. Au moyen à long terme, le gravelage ou rechargement de ces routes n'est pas durable. Il faut considérer le revêtement, là où il est praticable, à un coût abordable.
4. Il y a besoin de nouvelles approches, plus larges, plus durables et multidimensionnelles afin de traiter effectivement et efficacement de la gestion de nombreux kilomètres de routes revêtues.
5. La région a entrepris des réformes majeures du secteur routier dans le dessein de gérer et financer les routes dans un environnement plus commercialisé. Ceci aura un effet profond sur la manière future de l'opération du secteur et fournit le potentiel des améliorations importantes de la prestation des RRFVC.
6. Les composantes principales de la prestation des RRFVC – la planification, le dimensionnement, la construction et l'entretien – ont des impacts importants mais changeants sur les résultats finaux en termes de leur "niveau d'influence".

Ce chapitre replace dans leur contexte les défis auxquelles les agences routières font face en fournissant des RRFVC d'une manière abordable – des défis qui sont abordés dans les chapitres suivants des Directives.

2.7 Références et Bibliographie

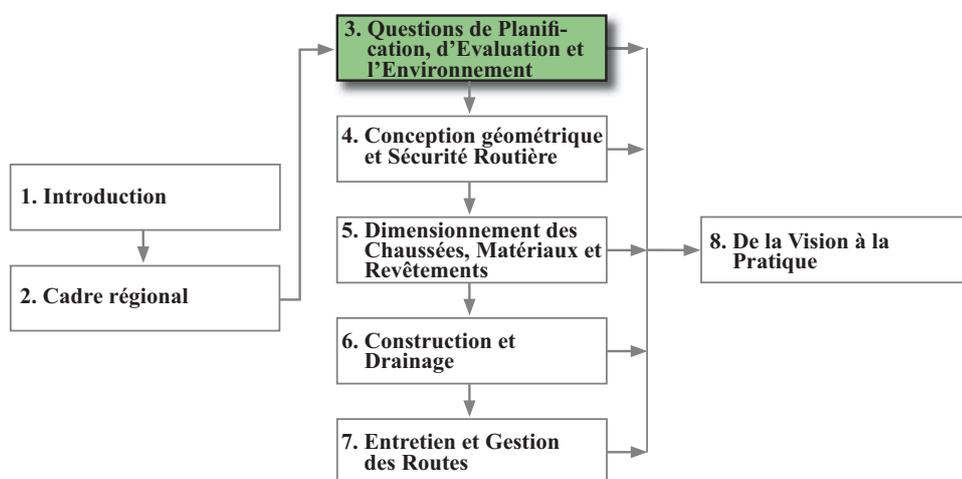
Références

1. SATCC (1998). *SADC Protocol on Transport, Communications and Meteorology*. Maputo, Mozambique.
2. SATCC (1999). *Model Legislative Provisions. Road Network Management and Financing*. Maputo, Mozambique.
3. NEPAD. (2002). *Main Report : Short-term Action Plan Infrastructure*. Secretariat du NEPAD. Midrand, l'Afrique du Sud.
4. Southern Africa Consulting Group (SAGP). (1998). *Transport and Communications Integrations Study for Southern Africa*. Review Final Report. Vol. 1: Summary and Main Report. Maputo, Mozambique, le 31 mars 1998.
5. Hine, J.L. et S. Ellis (2001). *Agricultural Marketing and Access to Transport Services*. Rural Transport Knowledge Database. TRL Ltd., Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
6. African Development Bank (2000). *Report on Regional Integration in Africa*. African Development Bank. Abidjan, Côte d'Ivoire.
7. Transport Research Laboratory, Ross Silcock Partnership and Overseas Development Administration. (1991). *Towards Safer Roads in Developing Countries: A Guide for Planners and Engineers*. TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
8. Parker, N.A. (1997). *The Socio-economics of Paving Low-volume Roads. Keynote Paper #1* Simposio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Trafégo. Rio de Janeiro, Brésil, du 5 au 10 octobre, 1997.
9. La Banque Mondiale. (1996). *Sustainable Transport: Priorities for Policy Reform*. The International Bank for Reconstruction and Development. Washington D.C., Etats Unis.
10. Intech Associates (2001). *Low-cost Road Surfacing (LCS) Project. Rationale for the Compilation of International Guidelines for Low-cost Sustainable Road Surfacing*. LCS Working Working Paper No. 1. Great Bookham, Surrey, Royaume Uni.
11. Barrie, D. et B. Paulson. (1978). *Professional Construction Management*. McGraw-Hill Book Company, New York, N.Y., Etats Unis.

Bibliographie

- Behrens, L.C. (1999). *Overview of Low-volume Roads: Keynote Address*. 7th International Conference on Low-volume Roads. Transportation Research Record No. 1652. TRB. Washington D.C., Etats Unis.
- Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa (CAPSA). (1989). *Cost-effective Low-volume Roads*. Workshop Session, 5th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, Mbabane, Swazilande, 1989.
- Cavelle, D.C. (1993). *Transport and Economic Performance: A Survey of Developing Countries*. World Bank Technical Paper 232. Africa. Technical Department Series. World Bank, Washington D.C., Etats Unis.
- Department of Transport (1992). *Towards appropriate Standards for Rural Roads*. Discussion Document. Project Report PR 92/466/001, Pretoria, Afrique du Sud.
- Department of Transport (1992). *Guidelines for upgrading Low-volume Roads*. Project Report PR 92/466/00, Pretoria, Afrique du Sud.
- Division of Roads and Transport Technology (1990). *The Design, Construction and Maintenance of Low Volume Rural Roads and Bridges in Developing Areas*. CSIR, Pretoria, Afrique du Sud.
- Edmonds, G.A. (1979). *Appropriate Technology for Low-volume Roads*. 2nd International Conference on Low-volume roads. Transportation Research Record No. 702. TRB. Washington D.C., Etats Unis.
- European Communities Commission (1996). *Towards Sustainable Transport Infrastructure: a Sectoral Approach in Practice*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Gichaga, F.J. et N.A. Parker. (1988). *Essentials of Highway Engineering*. Macmillan Publishers Limited, Londres, Royaume Uni.
- Heggie, I.G. (1995). *Management and Financing of Roads: An Agenda for Reform*. World Bank Technical Paper 275. Africa Technical Series. World Bank, Washington D.C., Etats Unis.
- Howe, J.D.G.F et P. Richards (1984). *Rural Roads and Poverty Alleviation*. Intermediate Technology Publications Ltd. Londres, Royaume Uni.
- Lebo, K. et D. Schelling (2001). *Design and Appraisal of Rural Road Infrastructure: Ensuring Basic Access for Rural Communities*. World Bank Technical Paper No. 496. La Banque Mondiale, Washington D.C., Etats Unis.
- Lees, R. et A. Tostensen. (1982). *Regional Cooperation in Southern Africa: The Case of the Southern African Development* Coordination Conference (SADCC). Review of African Political Economy. No. 23, Gaborone, Botswana, 1982.
- Mandaza, I et A. Tostensen (1994). *Southern Africa in Search of a Common Future: From the Conference to a Community*. Printing and Publishing Company of Botswana, Gaborone, Botswana.
- Millard, R.S. (1979). *The Craft of Highway Engineering*. 2nd International Conference on Low-volume Roads. Transportation Research Record No. 702. TRB. Washington D.C., Etats Unis.
- Oglesky, H.O. (1990). *Dilemmas in the Administration, Planning, Design, Construction and Maintenance of Low-volume Roads*. Transportation Research Special Report 160. TRB. Washington D.C., Etats Unis.
- UNESCO (1967) *Low Cost Roads: Design, Construction and Maintenance*. The Butterworth Group, Londres, Royaume Uni.

Chapitre 3



Questions de planification, d'évaluation et de l'environnement

3

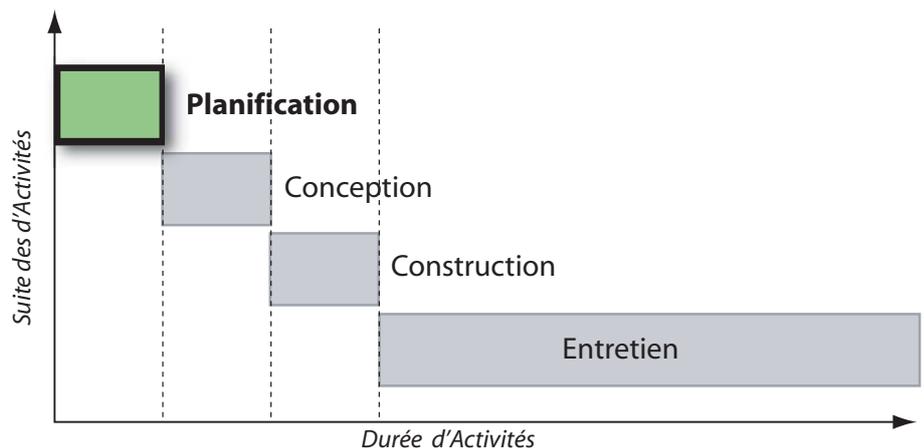
3.1	Introduction	3 - 1
3.1.1	Contexte	3 - 1
3.1.2	But et Portée du Chapitre	3 - 2
3.2	Planification.....	3 - 3
3.2.1	Approche Générale	3 - 3
3.2.2	Cadre de la Planification	3 - 3
3.2.3	Questions de Planification.....	3 - 4
3.2.4	Facteurs extérieurs.....	3 - 6
3.2.5	Outils de Planification	3 - 7
3.2.6	Consultation avec les Parties Intéressées	3 - 9
3.2.7	Etudes.....	3 - 10
3.3	Evaluation.....	3 - 14
3.3.1	Placements de Fonds dans les RRFVC	3 - 14
3.3.2	Etablissement des Coûts de Durée de Vie	3 - 14
3.3.3	Quantification des Coûts et des Avantages	3 - 16
3.3.4	Coûts du Projet	3 - 17
3.3.5	Avantages du Projet	3 - 18
3.3.6	Analyse de Coûts/Avantages	3 - 20
3.3.7	Méthodes de Classement	3 - 23
3.3.8	Implications de l'Utilisation des Approches révisées	3 - 24
3.4	Questions Environnementales	3 - 25
3.4.1	Introduction.....	3 - 25
3.4.2	Environnement	3 - 25
3.4.3	Causes typiques de Problèmes Environnementaux	3 - 26
3.4.4	Etudes des Impacts sur l'Environnement.....	3 - 28
3.4.5	Evaluation des Impacts sur l'Environnement	3 - 31
3.5	Résumé.....	3 - 33
3.6	Références et Bibliographie.....	3 - 34

Questions de planification, d'évaluation et de l'environnement

3

3.1 Introduction

3.1.1 Contexte



Comme indiqué dans le Chapitre 2, la planification exerce une influence importante sur les aspects d'en aval de la mise à disposition des RRFVC en termes de son impact sur les phases ultérieures de conception, de construction et d'entretien. La phase de planification peut donc être considérée à juste titre comme le fondement sur lequel les phases ultérieures sont basées. C'est une activité qui vise à prendre en compte une large gamme d'options, avec le but de fournir une solution optimale et durable, c à d, l'une qui remplit les besoins multiples des parties intéressées aux coûts minimums de durée de vie.

Il convient de noter que les technologies et les techniques de la planification qui sont fréquemment appliquées dans la région généralement font peu de distinction entre les routes à faibles volumes de circulation et celles à forts volumes de circulation, même si ces routes ont des caractéristiques complètement différentes. Il s'ensuit que beaucoup d'aspects de la durabilité des RRFVC ne sont pas suffisamment abordés. Le manquement à la révision ou à l'adoption de ces approches de la planification afin de pourvoir spécifiquement aux routes à faibles volumes de circulation peut aboutir à l'adoption et la mise en application des solutions sous-optimales qui ne sont pas durables.

L'évaluation des RRFVC mérite d'être considérée soigneusement, parce que les moyens traditionnels qui sont disponibles pour leur évaluation sont généralement insuffisants pour saisir la gamme entière des avantages – souvent d'une nature plus sociale qu'économique – qui résultent de leur amélioration. Ceci montre la nécessité d'adopter des méthodes d'évaluation qui comprennent des critères de placement plus orientés en faveur des aspects sociaux afin de concorder avec les objectifs sociaux de l'allègement de la pauvreté. Heureusement, on est en train de développer de nouveaux modèles d'évaluation, faits sur mesure, qui sont plus appropriés qu'auparavant à l'évaluation du rehaussement des routes non revêtues aux routes bitumées.

Avant le commencement des années 1990, des études d'impact sur l'environnement n'étaient pas généralement exigées et, là où elles furent réalisées, furent réalisées à l'insistance des bailleurs de fonds. Cependant les questions environnementales assument plus d'importance qu'auparavant et la dégradation écologique n'est plus considérée comme le prix à payer pour le développement. De plus en plus, des unités environnementales sont en train d'être établies au sein des ministères de tutelle afin d'assurer que des mesures appropriées de mitigation sont utilisées sur les projets routiers. Ceci nécessite un cadre intégré pour aborder les questions environnementales en une façon compréhensive et systématique.

3.1.2 But et Portée du Chapitre

Le but principal de ce chapitre est d'esquisser une approche généralisée à la planification, qui est holistique et prend en compte les multiples facteurs extérieurs qui influent sur le procès des RRFVC et fournit des conseils de leur suffisance pour traiter de la gamme complète des avantages résultant de l'amélioration des pistes/routes en gravier à un niveau revêtu. Finalement, dans ce chapitre on considère les questions environnementales qui confrontent les administrations routières de la région, ainsi que les méthodes différentes disponibles d'alléger les impacts défavorables de la construction et de l'entretien routiers.

3.2 Planification

3.2.1 Approche générale



Une route dans laquelle une ou plusieurs des sept dimensions de la durabilité manque.

Les approches actuelles à la planification des RRFVC insistent plus sur la question importante de durabilité qu'auparavant. La réalisation de la durabilité dans la mise à disposition des routes continue à éluder les professionnels dans beaucoup de pays. Il existe toujours beaucoup d'exemples de la construction des routes qui, à cause du manque de durabilité d'une façon ou de l'autre, souvent par suite de l'entretien insuffisant, ont abouti au gaspillage des placements.

Comme souligné dans le Chapitre 2, il y a besoin d'une approche holistique pendant laquelle tous les facteurs de durabilité sont abordés pendant la phase de planification. Ceci donne plus de poids à la planification multidisciplinaire, pendant laquelle des équipes consistantes en planificateurs, ingénieurs, spécialistes de l'écologie etc. collaborent avec les parties intéressées afin de réaliser des solutions optimales de la façon la plus coût-efficace. Cette approche représente la meilleure opportunité de réaliser la durabilité à long terme des projets et est fortement encouragée dans ces Directives.

La planification des travaux de construction et d'entretien à forte coefficient de main-d'œuvre a assumé plus d'importance, puisqu'un nombre croissant de gouvernements de la CDAA reconnaissent les avantages de l'adoption de cette approche, là où elle est viable, comme un moyen de fournir des emplois dont on a grand besoin.

3.2.2 Cadre de la planification

Lorsque les besoins sont importants et les ressources sont limitées, des méthodes de sélection sont nécessaires afin d'assurer que seules les routes avec l'impact le plus forte sont construites. Ces méthodes ne devraient pas être ni trop chères à réaliser par rapport aux placements impliqués, ni si compliquées que peu de gens comprendront pas comment elles fonctionnent. L'idéal serait que les méthodes de sélection devraient assurer que peu de bons projets potentiels seront refusés et qu'on n'acceptera pas trop de mauvais projets.

Un des défis majeurs confrontant les planificateurs et les ingénieurs dans la région de la CDAA est d'assurer que les procédés de planification et d'évaluation aboutissent à des résultats qui jouissent de l'appui total des décideurs. Ce cadre devrait être transparent, relativement facile à réaliser, sans équivoque et équitable. Un cadre généralisé à cette fin est montré dans le Tableau 3.1.

Tableau 3.1 - Cadre pour la planification et l'évaluation

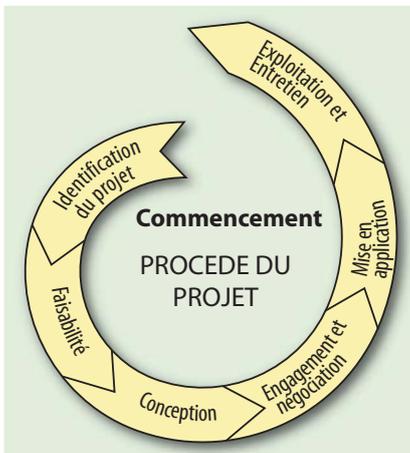
Cycle du Projet	Activité de Planification	Outils typiques d'évaluation	Données de Sortie
Identification	Sélection	Analyse des ressources politiques Plans d'ensemble Plans locaux/régionaux	Longue liste de projets
Faisabilité	Examen des Cas	Analyse des vies Planification Intégrée d'Accessibilité Rurale	Liste plus courte de projets
Conception	Evaluation	Analyse des coûts-avantages - surplus des consommateurs (par ex. RED) - surplus des producteurs - classement composé - analyse multicritère	Liste finale de projets
Engagement et Négociation	Etablissement de Priorités	Questions du budget - classement selon des critères économiques ou socio-économiques	Liste finale de projets

En principe, les procès de planification et d'évaluation sont des activités structurées qui commencent avec la générale et se dirigent vers le particulier par rapport aux données et aux idées du projet¹. Les caractéristiques principales des procédés de planification et d'évaluation sont les suivants:



La sélection et l'examen des cas corrects des projets routiers potentiels au début du stade de planification sont importants.

Cycle typique du projet



Il est important qu'aussi bien le maître d'œuvre que l'entrepreneur partagent une vision commune au sujet de la qualité de la route à construire.

Cadre 3.1 - Les procès de planification et d'évaluation

- **Sélection:** Ceci est un procès multisectoriel et multidisciplinaire qui devrait engendrer assez de projets pour assurer qu'aucun projet potentiellement intéressant n'est pas ignoré. Le résultat est une longue liste de projets déterminée à base d'une analyse non contrainte des ressources politiques qui conforment à la politique nationale des transports routiers.
- **Examen des cas:** Ceci définit les contraintes au sein desquelles il faut trouver des solutions spécifiques de planification, c à d une analyse contrainte des ressources politiques. Le résultat est une liste plus courte de projets qui méritent une analyse plus détaillée.
- **Evaluation:** Cette liste plus courte de projets est soumise à une évaluation coûts-avantages, pour laquelle plusieurs méthodes sont disponibles. Le résultat est une liste finale de projets qui conforment à une gamme de critères – politiques, sociaux, économiques et environnementaux – au coût minimum.
- **Etablissement de Priorités:** Ceci classe les "meilleurs" projets selon l'ordre de mérite, jusqu'à une limite dictée par les fonds disponibles.

3.2.3 Questions de Planification

Les procédés décrits dans le cadre de planification et d'évaluation indiqués dans le Tableau 3.2 sont communs à n'importe quel genre de projet routier. Cependant, il y a des aspects qui sont particulièrement importants dans la planification et l'évaluation des RRFVC qui fréquemment ne ressortent pas d'approches conventionnelles. Ils sont résumés ci-dessus:

Tableau 3.2 - Cycle de projet et des activités liées

Phase	Questions à considérer
Identification du Projet <ul style="list-style-type: none"> • Objectifs du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Est-ce que les projets à adopter conforment à la politique du Gouvernement (par ex. la création des emplois)? • Est-ce qu'elles sont pertinentes aux besoins actuels et futurs des bénéficiaires? • Est-ce qu'elles prennent en compte les objectifs et opinions multiples des parties intéressées? • Est-ce qu'un réseau de communication avec les parties intéressées a été créé? Est-ce qu'il est sensible aux différences de sexe?
Faisabilité <ul style="list-style-type: none"> • Critères de conception • Analyse de coûts-avantages • Evaluation socioéconomique • Evaluation de la sécurité routière • Etude de l'impact sur l'environnement • Les moyens d'existence 	<ul style="list-style-type: none"> • Est-ce qu'il existe de planification et consultation adéquates et de participation avec les parties intéressées des secteurs publics et privés? • Est-ce que les critères de conception prennent en compte des spécificités des RRFVC, y compris la circulation non motorisée? • Est-ce qu'on emploie les outils appropriés d'évaluation? • Est-ce qu'on a jamais fait un levé de bas de l'environnement? • Est-ce qu'un audit de sécurité routière a été incorporé dans le projet?
Conception <ul style="list-style-type: none"> • Normes de dimensionnement • Dimensionnement de la chaussée de la surface 	<ul style="list-style-type: none"> • Est-ce que les normes de conception géométriques, de dimensionnement des chaussées et du revêtement sont techniquement appropriées? • Est-ce qu'ils sont sains du point de vue de l'environnement? • Est-ce qu'on se sert des spécifications et des méthodes d'essai qui sont appropriées aux matériaux locaux?
Engagement et négociation <ul style="list-style-type: none"> • Documentation de contrat 	<ul style="list-style-type: none"> • Est-ce que les conceptions pourvoient à la construction selon des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre? • Est-ce qu'elles comprennent des mesures pour la protection de l'environnement? • Est-ce que les dossiers d'appel d'offres ont été élaborés et des stratégies de contrat adoptées qui facilitent l'implication de menus entrepreneurs?



Le résultat final: un projet réalisé avec du succès qui conforme à toutes les exigences des parties intéressées en conformant aux sept dimensions principales de durabilité

Construction à fort coefficient de main-d'œuvre: L'emploi efficace du point de vue économique de la main-d'œuvre autant que techniquement possible afin de réaliser un haut niveau de construction comme exigé par les spécifications et selon les fonds disponibles. Ceci implique un équilibre optimal entre la main-d'œuvre et les installations.

La construction à fort coefficient de main-d'œuvre: L'emploi de la main-d'œuvre autant que possible par le remplacement des machines par des hommes, souvent pour satisfaire des besoins de court terme. Ceci implique un déséquilibre entre la main-d'œuvre et le matériel et, invariablement, un produit fini économiquement inefficace.

"Nous savons que le travail est la première étape de la fuite de la pauvreté".

Juan Somavia, Directeur- Général de l'Organisation International du Travail (OIT), 2001.

<p>Mise en application</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construction • Contrôle et Surveillance • Allègement des impacts environnementaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Est-ce qu'on a adopté des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre plutôt que des méthodes mécanisées là où elles sont possibles? Est-ce que des mesures de mitigation des effets écologiques sont comprises dans les contrats? • Est-ce qu'elles sont exécutoires? • Est-ce que des mesures spécifiques sont comprises dans le contrat afin de pourvoir à des questions de santé et de sécurité telles que le VIH/SIDA?
<p>Exploitation et Entretien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluation de performance • Opérations d'entretien 	<ul style="list-style-type: none"> • Est-ce que les indicateurs différents du bien-être socio-économique ont été surveillés et évalués? • Est-ce qu'il y a des dispositions adéquates en place pour assurer la participation de la communauté dans l'entretien routier? • Quelles sont les leçons pour l'avenir?

Ainsi, au cours de la planification et de l'évaluation des RRFVC, il est nécessaire de considérer soigneusement la gamme multidimensionnelle de questions soulignées dans le Tableau 3.2 qui peuvent avoir une influence importante sur le résultat du procès.

Projets à fort coefficient de main-d'œuvre.

En vue de l'apparition des approches comportant un élément de fort coefficient de main-d'œuvre comme une autre possibilité à quelques aspects des approches plus traditionnelles mécanisées, la planification de tels projets mérite la considération spéciale. Sans la planification appropriée des aspects techniques et financiers dès le début d'un projet, des problèmes graves pourraient en émaner, qui pourraient détruire l'initiative et jeter le discrédit sur la faisabilité et les objectifs des projets à fort coefficient de main-d'œuvre.

Beaucoup de points doivent être examinés en termes de leur convenance à des méthodes de construction ou d'entretien à fort coefficient de main-d'œuvre. Les aspects contractuels doivent être établis et des conceptions appropriées réalisées. Telle planification devrait s'étendre au-delà de la technologie de l'ingénieur et de l'aspect pratique de la construction et devrait aussi prendre en compte des facteurs tels que le financement et la gestion des projets à fort coefficient de main-d'œuvre. Des conseils et de la formation sur ces questions sont pourvus par un nombre d'organismes dans la région de la CDAA, y compris l'Organisation Internationale du Travail et le Service d'Aide et de Conseil, d'Informations et de Formation (OIT/SACIF).

Cadre 3.2 - Pourquoi la construction à fort coefficient de main-d'œuvre?

L'objectif primaire des projets à fort coefficient de main-d'œuvre est d'achever la construction efficacement et économiquement en moins d'une durée spécifiée. Les objectifs secondaires comprennent:

- Création des emplois
- Création d'entrepreneurs locaux
- Optimisation de l'utilisation des ressources locales
- Création des compétences
- Amélioration de la productivité de la main-d'œuvre
- La construction d'un produit qui est techniquement sain et économiquement efficace.

Pour beaucoup de gens, le travail à fort coefficient de main-d'œuvre peut être leur premier emploi formel et peut représenter une entrée à d'autres sortes de travail. De plus, l'argent qui sortirait de la communauté y reste et les compétences obtenues peuvent être utilisées ultérieurement au cours de l'entretien du projet pendant sa durée de vie ou dans d'autres projets analogues.

3.2.4 Facteurs extérieurs

Il y a un nombre de facteurs extérieurs – dont beaucoup sont d'une nature non technique – qui ont une influence directe ou indirecte sur le procès même de planification ou sur les résultats de ce procès. Il importe d'en être connaissant lorsqu'on élabore un procédé approprié de planification et, là où il est possible, de les prendre en compte. Ces divers facteurs sont donnés dans le Tableau 3.3.

Tableau 3.3 - Facteurs extérieurs qui influent sur la planification des RRFVC

Environnement	Facteur	Implications pour l'approche à la mise à disposition des RRFVC
Politique	<ul style="list-style-type: none"> ● Politique gouvernementale ● Perceptions politiques ● Participation politique 	<ul style="list-style-type: none"> ● Influe sur la pratique. Traite des questions de l'allègement de la pauvreté, du développement socio-économique durable, du choix des technologies, de la création du travail, des normes et des sources de financement. ● Il y a une tendance de favoriser les approches et normes conventionnelles avec des "risques" minimums perçus concomitants. Il y a un besoin de communiquer efficacement, de quantifier et de promouvoir des approches innovatrices et des normes appropriées non classiques. ● A attendre. Tendront à influencer sur la prise de décisions. Soulignent les avantages et désavantages d'autres solutions d'une façon équilibrée et transparente, et soutiennent un dialogue continu avec les parties intéressées.
Social	<ul style="list-style-type: none"> ● Allègement de la pauvreté ● Moyens d'existence durables ● Questions de sexe 	<ul style="list-style-type: none"> ● Implique l'utilisation des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre plutôt que des méthodes entièrement mécanisées là où elles sont possibles. ● Accroît la participation locale et la mobilisation des ressources par la participation des gens qui, en fin de compte, tireront profit des projets. ● Connaissance des forces et faiblesses de la communauté, des biens, de la vulnérabilité aux chocs et aux contraintes, des questions gouvernementales et les politiques requises. ● Élimination des partis pris par l'intégration des besoins de transport pour les femmes dans le centre de la politique et planification. ● Encouragement de la participation des femmes dans les programmes de construction et d'entretien à fort coefficient de main-d'œuvre, et de formation pour faciliter leur entrée dans les cadres surveillants.
Institutionnel	<ul style="list-style-type: none"> ● Organisation 	<ul style="list-style-type: none"> ● Tendance croissante à l'établissement des administrations routières centrales et locales plus autonomes. ● Possibilités accrues de susciter la responsabilisation pour les résultats des programmes routiers, et de changer de l'exécution du travail en régie au travail donné à sous-traitance au secteur privé.
Technologique	<ul style="list-style-type: none"> ● Choix de technologies 	<ul style="list-style-type: none"> ● Il y a besoin de stratégies coût-efficaces qui se servent du résultat double de l'infrastructure routière et de la création du travail.
Economique	<ul style="list-style-type: none"> ● Évaluation 	<ul style="list-style-type: none"> ● Les avantages routiers sont souvent non limités à l'exploitation de la route, mais à la façon dont la route est financée, dimensionnée, construite et entretenue. Il y a besoin de saisir les avantages monétaires et non monétaires dans le cadre d'évaluation.
Financier	<ul style="list-style-type: none"> ● Financement ● Durabilité 	<ul style="list-style-type: none"> ● Généralement très limité. Les propositions financières doivent étudier de plus en plus les normes minimales, le financement limité par les bailleurs de fonds et le financement local des coûts récurrents de l'entretien. ● La durabilité du financement est devenue une question critique. Il y a besoin de commercialiser les opérations là où il est possible, et de susciter la participation des parties intéressées à l'entretien de l'infrastructure.
Environnemental	<ul style="list-style-type: none"> ● Impact 	<ul style="list-style-type: none"> ● Il y a besoin de saisir les impacts tant sociaux qu'écologiques pour l'évaluation des RRFVC. ● Les impacts nuisibles à la santé doivent être traités en haute priorité.

La prise de décisions devrait être basée sur des facteurs rationnels, techniques, économiques ou sociaux qui, en fin de compte, devraient se conformer avec les meilleures options politiques. Cependant, les facteurs politiques souvent ont la préséance sur les facteurs techniques, économiques ou sociaux.

3.2.5 Outils de Planification

Analyse des Politiques

“Les moyens d’existence comprennent les capacités, les biens (y compris les ressources matérielles et sociales) et les activités requises pour les moyens d’existence. Une vie est soutenable si elle peut faire face à – et se rétablir de – les contraintes et chocs et maintenir ou augmenter ses capacités et biens, et fournir des possibilités de vie durables pour la génération à suivre, et qui contribue des avantages clairs à d’autres vies aux niveaux globaux et locaux et aux longs et courts termes.”

Chambers et Conway, 1992².

L’objectif de l’analyse des politiques est de définir, en termes généraux, les contraintes au sein desquelles des solutions spécifiques de la planification doivent être trouvées. Ces contraintes peuvent avoir rapport à des facteurs tels que la politique du gouvernement, la mise à disposition d’accessibilité, la répartition des revenus et le développement régional, ainsi que des facteurs techniques tels que le type de terrain, les facilités du transport, le taux actuel de circulation, la capacité et l’expertise de l’industrie locale de construction, la disponibilité des fonds etc.

Plans d’ensemble

Des plans d’ensemble ou plans régionaux sont utilisés dans beaucoup de pays de la CDAA pour aider à la détermination des priorités pour l’avenir. Ces plans ne sont pas spécifiques au transport mais ont un rapport à tous les secteurs et facilitent l’identification des besoins de financement et les priorités sur une période définie. C’est à ce stade qu’on identifie de nouveaux projets routiers pour la première fois.

Au cours de l’élaboration du plan d’ensemble, il est important que les planificateurs de transport travaillent en liaison étroite avec d’autres Ministères. Dans le contexte rural les priorités spécifiques comprendront l’enseignement, la santé et l’agriculture. Il est aussi important qu’il y ait des consultations extensives avec les communautés locales et les leaders d’opinion.

Le cadre des moyens d’existence

“L’analyse des moyens d’existence” est une approche utile qui peut être adoptée afin d’identifier une intervention particulière de placement financier et comme elle affectera, sera avantageuse ou désavantageuse à la communauté locale². Une analyse des moyens d’existence dans les régions rurales fournira un cadre de compréhension comment des changements proposés affecteront les moyens d’existence des individus et des communautés à long terme. Elle se concentre sur comment la communauté locale exploite la structure des atouts sociaux (S), humains (H), financiers (F), naturels (N) et physiques (P). (Voir la Figure 3.1.)

Il est évident que le transport et les multiples aspects et dimensions des moyens d’existence d’un individu ou d’une communauté s’influencent mutuellement. Par exemple, des avantages importants pourraient être réalisés si le travail impliqué à la collection d’eau, de bois à brûler ou au transport des produits au marché pouvait être réduit. La mise à disposition d’accès routier de toute saison pourrait réduire la vulnérabilité des communautés rurales par l’élimination de l’isolation saisonnière, la diminution des coûts de transport et la réduction des durées de parcours aux services essentiels économiques et sociaux.

H: Capital humain: les compétences, la connaissance, la capacité de travailler et une bonne santé sont importantes pour la capacité de mener des stratégies différentes de vie.

P: Capital physique: l’infrastructure de base (le transport, l’hébergement, de l’eau, l’énergie et les communications) et le matériel et les moyens de production qui permettent aux gens de poursuivre leurs vies.

S: Capital social: les ressources sociales (réseaux, adhésion en groupes, liens de confiance, accès aux institutions plus larges de la société) dont des gens tirent en la poursuite de leurs vies.

F: Capital financier: les ressources financières qui sont disponibles aux gens (que ce soient leurs économies, fourniture de crédit, rentes régulières ou retraites) et qui leur fournissent des options différentes de vie.

N: Capital naturel: les stocks de ressources naturelles qui fournissent les ressources utiles à la vie (par ex. le terrain, de l’eau, la faune, la biodiversité, les ressources environnementales).

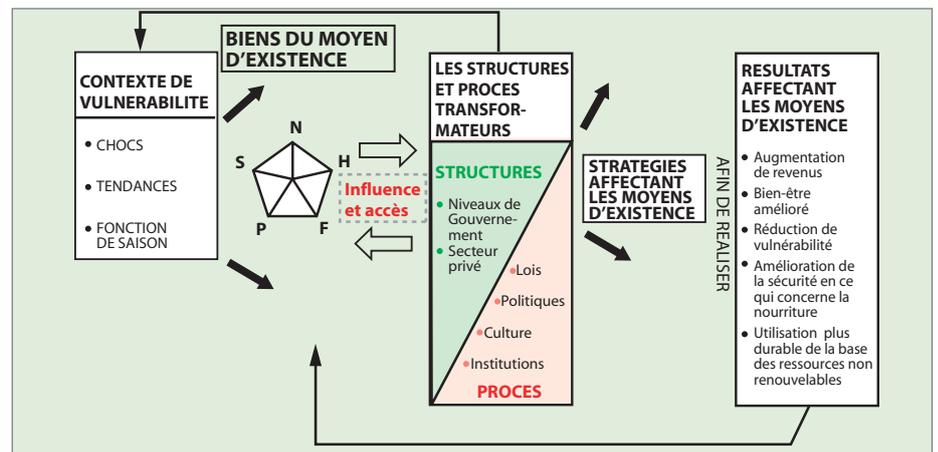


Figure 3.1 - Cadre des moyens durables d’existence

Techniques intégrées de la planification pour le transport

Les plans d'ensemble et l'approche de vies durables sont tous les deux des outils généraux multisectoriels de planification, mais l'accent spécifique n'est pas sur les interventions de transport. Il se peut que les transports soient ou ne soient pas une des interventions identifiées. Cependant, il existe un nombre de techniques intégrées de planification qui traitent spécifiquement des questions de transport. Le point commun est que les planificateurs doivent s'occuper d'une gamme de questions afin d'améliorer l'accessibilité des habitants des régions rurales aux services économiques et sociaux essentiels par une combinaison d'infrastructure améliorée, services améliorés de transports, et l'emplacement amélioré des services mêmes.

La Planification Intégrée de l'Accessibilité Rurale (PIAR) a été élaborée par l'OIT³ et est probablement la technique de planification de son genre la plus généralement utilisée. La PIAR a été utilisée dans beaucoup de pays de la région, y compris la Tanzanie et le Malawi. Dans cette approche les besoins de mobilité des ménages ruraux, le placement des services économiques et sociaux essentiels, et la mise à disposition de l'infrastructure appropriée des transports sont intégrés. Les communautés participent à toutes les étapes du procédé de planification. Elle est basée sur un système minutieux, mais facile d'exécuter, de collecte de données, qui vise à classer la difficulté affrontant les communautés en accédant aux diverses facilités.

Cadre 3.3 - Planification Intégrée d'Accessibilité Rurale

Dans cette approche l'Indicateur d'Accessibilité (IA) est calculé pour des facilités différentes dans chaque communauté. Il est une fonction du nombre de ménages (N), la durée moyenne de trajet à une facilité (T), la durée ciblée de trajet (T_m) et la fréquence de déplacements (F):

$$IA = N * (T - T_m) * F$$

Les facilités typiques comprennent la santé, l'enseignement, l'eau et les carburants. Les indicateurs d'accessibilité sont classés en ordre descendant et les interventions sont priorisées de cette façon. Les résultats de ce processus sont discutés à un atelier participatif et les interventions sont identifiées qui aboutissent à la réduction la plus efficace de temps et d'effort.

Planification basée sur les réseaux

Traditionnellement, les placements routiers ont été évalués sur la base de liaison par liaison, avec moins de considération étant donné à la contribution des liaisons – qui se disputent les placements financiers – à la connectivité ou à l'accessibilité du réseau dans sa totalité. Pour surmonter ces points faibles, des approches de planification basée sur le réseau sont employées de plus en plus pour l'analyse du réseau routier dans sa totalité afin de préparer les dépenses de planification stratégique à long terme pour le développement et l'entretien routiers dans plusieurs cas budgétaires et économiques de figure.

Malheureusement, la situation affrontant beaucoup de pays de la CDAA est une où le financement n'est disponible que pour une partie du réseau routier. Dans telles situations il est devenu nécessaire d'identifier un réseau routier de noyau⁷ qui est révisé périodiquement et qui peut être accru ou contracté, suivant les circonstances locales. Tels réseaux souvent comprennent des routes de catégories différentes qui sont considérées comme parties essentielles du réseau entier afin d'assurer le maintien de liaisons entre toutes les communautés du pays.

Des modèles tels que HDM-4 peuvent être utilisés pour les besoins de planification basée sur le réseau. Cependant, comme il arrive souvent dans beaucoup de situations rurales de réseaux, les données requises pour ces modèles souvent manquent, aboutissant à l'inapplicabilité de ces modèles. Ainsi il est probable que des procédés qui impliquent un niveau élevé de consultation avec les parties intéressées seront plus efficaces pour les besoins de la planification des réseaux ruraux. Cependant, il semble qu'il y a peu d'information disponible sous la forme de manuels traitant des procédés de planification des réseaux basés sur les communautés.



Les avantages de consultations avec les communautés à toute étape du cycle du projet comprennent la connaissance locale des risques telles que les niveaux des inondations, où se trouvent les ressources, les flux de circulation etc.

3.2.6 Consultation avec les parties intéressées

La participation des parties intéressées - pourquoi est-elle nécessaire?

L'objectif de consultation est d'assurer que le processus de planification routière est réalisé d'une façon responsable et transparente. Ceci est important pour l'avantage général des parties intéressées affectées et du pays dans l'ensemble. Des consultations devraient être réalisées pendant tous les stades du cycle du projet et devraient être réalisés de telle façon que la participation entière des administrations et du public est facilitée, avec les buts typiques suivants:

- L'établissement de toute l'information supplémentaire au sujet du projet de toutes les sources possibles
- L'identification des possibilités viables pour le projet
- La prise en compte des opinions des parties intéressées à toute étape du projet
- L'arrivée au consensus sur le choix préféré de projet/projets.

Il est souvent arrivé que des décisions sur la planification et l'établissement de priorités des transports dans la région de la CDAA aient été prises sans tenir compte des besoins en transport des gens affectés par le placement. Des consultations insuffisantes ont abouti à l'utilisation inappropriée des ressources, tant en fonction de leur utilité aux communautés rurales, qu'en fonction de leur impact sur les traditions sociales et culturelles. Afin de remédier ce point faible, il faut s'assurer que:

- Les gens locaux participent à la sélection, à la conception, à la planification et à la mise en application des programmes et projets qui les touchent
- On prend en compte les opinions, attitudes, valeurs et connaissance locales
- Un processus compréhensif continu et la dissémination des réactions deviennent une partie intégrale de toute activité de développement.

Qui sont les parties intéressées?

Beaucoup de gens s'intéressent aux projets routiers et tous les groupes intéressés doivent être identifiés et consultés pendant le processus de sélection des routes. Les parties intéressées primaires sont ces gens dont les vies sociales et économiques seront affectées directement par le projet et comprennent:

- Les communautés rurales
- Les groupes d'agriculteurs
- Les commerçants du marché
- Les exploitants de transports.

Plusieurs autres groupements d'intérêt sont importants dans le processus de prise de décisions, même si leurs vies ne soient pas touchées directement par le projet. Ils comprennent:

- Les dirigeants régionaux
- Les agences de travail de la région
- L'administration routière nationale
- Les politiciens locaux et nationaux.

Puisque les points de vue des dirigeants puissent différer sensiblement des expériences des villageois "moyens", il est important que tout processus de consultation étende au-delà de la direction au peuple.



La participation des parties intéressées au processus de prise de décisions est essentielle à la durabilité à long terme de tout projet routier.

Techniques de Consultation

Il y a plusieurs techniques participatives reconnues de travailler avec des communautés afin de déterminer leurs besoins de transport. Elles impliquent généralement l'emploi de facilitateurs qualifiés pour présenter visuellement les vies des communautés afin d'identifier leurs contraintes et besoins. Les techniques typiques comprennent:

- L'évaluation participative rurale (EPR)
- L'évaluation rurale rapide (ERR).

D'autres méthodes comprennent des audiences publiques par des meneurs politiques et la consultation directe avec la communauté. Les ateliers représentent un bon moyen d'entreprendre les exercices initiaux d'établissement de priorités, la livraison des messages-clé et la réception de feedback. Il est important que toutes les techniques de consultation soient bien organisées, que toutes les parties intéressées soient invitées et que les débats aient lieu d'une façon réciproque et transparente.

3.2.7 Etudes

À la suite des deux premières phases du cycle du projet, il y aura une sélection initiale des routes proposées pour l'amélioration et financement éventuels. Avant que des décisions finales puissent être prises, il est essentiel d'obtenir de l'information qui est spécifique aux routes concernées. Ceci implique l'exécution de diverses enquêtes sur le transport routier, qui pourraient aider à indiquer des mesures (techniques, institutionnelles et financières) d'amélioration de l'efficacité. Il se peut que ces enquêtes puissent pourvoir des preuves d'opinions de la communauté au sujet des transports ou, exceptionnellement, puissent fournir des arguments contradictoires qui devraient être résolus. Une enquête participative soutiendrait aussi la mise d'un accent plus fort sur les questions de la pauvreté et sur le rôle des transports dans les vies⁴.

Etudes d'ingénieur

Des études de l'état fonctionnel des routes doivent être faites afin de déterminer l'état actuel de la route, la nature des interventions proposées, les quantités du travail requis, les coûts des interventions et l'état futur de la route. Les interventions requises pour les traitements différents devraient être identifiées et les coûts calculés avec les études d'ingénieur. Il est important que d'autres options soient considérées dans l'évaluation détaillée.

La mise à disposition d'accès qui peut être utilisé toute année est d'une importance spéciale aux routes revêtues à faibles volumes de circulation, ainsi que les avantages sociaux et économiques qui en découlent. Ainsi il est important qu'on fait preuve de son discernement d'ingénieur sur la durée de la période où les routes soient affectées par des problèmes de capacité pour supporter le trafic (de "traficabilité") ou par des problèmes de praticabilité.

Le terme "traficabilité" est d'origine relativement récente et provient des recherches menées en Tanzanie, qui ont indiqué que les taux de circulation tendaient à diminuer pendant la saison de pluie même sur des routes en bon état. Normalement, pendant la saison de pluie les niveaux de circulation diminuent jusqu'à 80% des niveaux portés pendant la saison sèche. Cependant, sur des routes de mauvaise qualité, cette différence est plus nette et le niveau de circulation peut diminuer jusqu'à 35% des niveaux de la saison sèche, comme l'indique la Figure 3.2. Pour les besoins de ces Directives on peut supposer que les routes ont des problèmes de "traficabilité" lorsque les niveaux de circulation pendant la saison de pluie descendent au-dessous de 50% des niveaux de la saison sèche.



La capacité pour supporter le trafic ("traficabilité") est affectée négativement pendant la saison de pluie.

La "traficabilité" contre la praticabilité:

"Traficabilité": une route est classée comme ayant des problèmes de capacité pour supporter le trafic lorsque le pourcentage du trafic pendant la saison de pluie tombe au-dessous de 50% du trafic porté pendant la saison sèche.

Praticabilité: une route est classée comme ayant des problèmes de praticabilité lorsqu'elle est fermée au trafic motorisé soit pour une partie de l'année soit pour toute l'année.

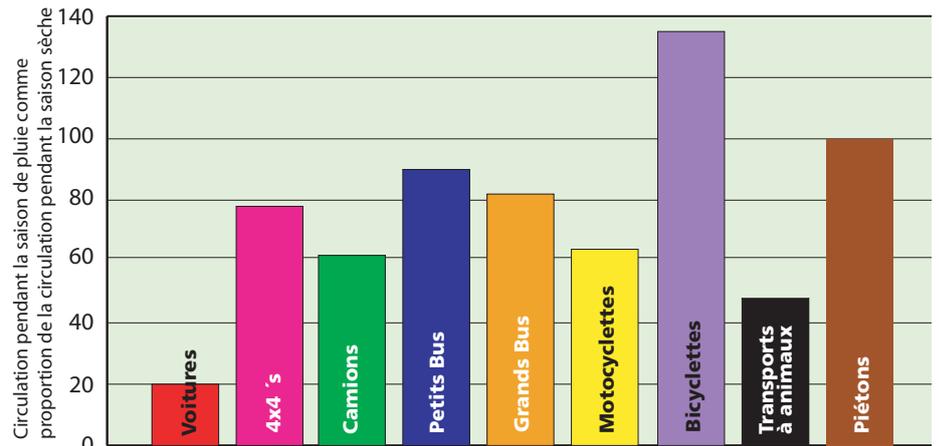


Figure 3.2 - Différences des niveaux de circulation sur des routes de mauvaise qualité en Tanzanie entre la saison de pluie et la saison sèche

Enquêtes de Circulation

Les enquêtes de circulation constituent un des détails de données le plus important de la conception géométrique et du dimensionnement de chaussées, ainsi que pour les besoins de planification en termes d'évaluation des avantages économiques à obtenir de la construction des RRFVC. Pour ces besoins, il est nécessaire de déterminer le volume et composition de la circulation actuelle et future en termes de motocyclettes, voitures, véhicules de marchandises légères, moyennes et lourdes, buses et - plus important - de véhicules non motorisés et de piétons.

Les trois types d'enquête de circulation employés les plus souvent sont:

- Enquêtes automatiques de circulation
- Enquêtes manuelles de circulation
- Les méthodes d'observateur mobile.

Bien que les méthodes de collecte de données puissent différer, l'objectif de chaque méthode reste le même - en essence, l'obtention d'une estimation du Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) utilisant la route, partagée en fonction de sorte de véhicule. Il est bien connu que la prédiction de telle circulation est très inexacte, surtout là où la fonction prédominante des routes est développementale ou sociale. Ainsi, le moment choisi pour la réalisation de l'enquête, la fréquence et la durée méritent la considération soigneuse en termes d'arriver à un équilibre entre le coût et l'exactitude. Comme l'indique la Figure 3.3, des durées courtes de comptages de circulation dans des situations de faibles volumes de circulation peuvent aboutir à de grandes erreurs d'estimation de la circulation et, à cet égard il est probable que les méthodes d'observateur mobile seront très inexactes.

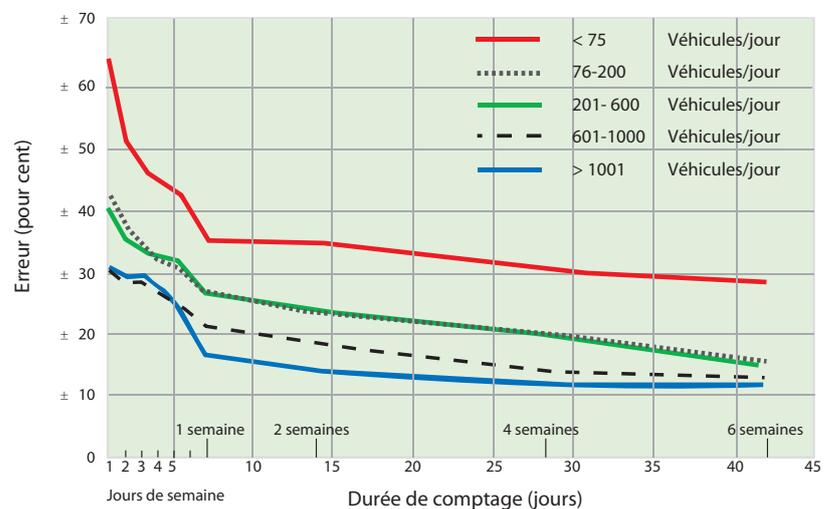


Figure 3.3 - Erreurs d'estimations de TMJA dans des comptages de diverses durées⁵

L'exactitude des comptages de circulation peut être améliorée par l'accroissement de la durée du comptage ou par la réalisation de plus d'un comptage par an. On peut atteindre plus d'exactitude en se servant de la connaissance locale pour déterminer s'il y a des jours de la semaine ou des périodes d'année où le flux de circulation est autrement élevé ou bas.

Il faut se servir de la connaissance locale pour la sélection des emplacements appropriés des comptages de circulation afin d'assurer une vraie image de la circulation qui se sert de la route et d'éviter le sur-ou sous-comptage.

Les enquêtes d'Origine et Destination, en se servant d'une variété de techniques d'enquête, sont souvent réalisées afin de déterminer la nature des modes de déplacement dans et autour de la zone comprise dans l'enquête. Ces enquêtes, qui pourraient avoir un coefficient assez fort de travail de main-d'œuvre, servent à plusieurs fins utiles, y compris une évaluation quantitative de la quantité de circulation susceptible d'être affectée par la proposition et des impacts résultants sur des éléments différents du réseau routier.



Bascule portative.

Enquêtes de charges par essieu

Des enquêtes de charges par essieu fournissent de l'information critique et essentielle qui est requise tant pour le dimensionnement coût-efficace de chaussée que pour la préservation des routes existantes. L'importance de ce paramètre est soulignée par "la loi de la quatrième puissance" bien connue, selon laquelle il y a un rapport exponentiel entre la charge par essieu et le dommage de la chaussée (par ex. une augmentation de 20% de la charge par essieu résulte en une augmentation de dommage de 120%).

Les enquêtes de charge par essieu peuvent être coûteuses et devraient être préparées et organisées soigneusement en fonction du niveau des ressources qui peuvent être consacrées à l'enquête (en termes de temps, personnel et fonds) et les objectifs de l'enquête qui pourraient consister en:

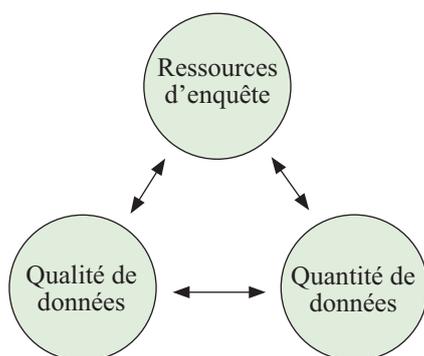
- La détermination des chiffres de véhicules équivalents (dimensionnement des chaussées)
- Le contrôle des surcharges (préservation des chaussées).

Les sortes d'équipement dont on peut se servir pour les enquêtes de charge par essieu varient considérablement et comprennent:

- De l'équipement statique ou dynamique de pesage
- L'enregistrement manuel ou automatique des charges
- Des installations portatives ou fixées.

La qualité des données obtenues dépendra de la sorte d'équipement utilisé, la durée de l'enquête et le niveau du contrôle de qualité réalisée. En général, mieux la qualité des données, d'autant s'accroît la quantité des ressources requises pour leur collecte.

Il y a un compromis presque inévitable entre les ressources disponibles et l'exactitude réalisable d'une enquête-témoine. L'art de réaliser une bonne conception d'enquête est de savoir quand la valeur optimale pour l'argent est réalisée. Il y a aussi des contraintes dans la phase d'analyse de données. Quelques techniques d'analyse ont besoin de l'expertise, de matériel informatique et de logiciel, qui ne soient pas toujours disponibles. Ainsi, le choix de procédés d'analyse peut également impliquer des compromis.



Des compromis dans la réalisation d'une enquête de charges par essieu.



Mesure de la charge sur l'essieu arrière avec une bascule portative.



Enquête de charge par essieu en cours. Telles enquêtes sont normalement réalisées au cours d'une période de 24 heures pour sept jours.

En fin de compte, un choix approprié d'équipement devrait être fait par rapport à des facteurs tels que:

- L'accessibilité au soutien (technique et d'entretien)
- Facilités d'installation et d'exploitation
- Exactitudes de la mesure requise
- Les coûts d'acquisition et d'exploitation.

Il est également important que les enquêtes de charge par essieu soient réalisées d'une façon systématique et uniformisée et qu'elles sont désunies des mesures de ponts bascules qui sont réalisées afin de mettre en vigueur les limites des charges par essieu. Plusieurs pays de la CDAA ont actuellement des directives au sujet de la réalisation des enquêtes de charge par essieu.

Cadre 3.4 - L'information minimum typiquement obtenue d'enquêtes de charge par essieu:

- Les charges par essieu de tout véhicule lourd, soit vides, soit chargées
- Catégorie de véhicule
- Les charges sur chaque sens de la route.

Chaque essieu d'un véhicule à multiples essieux devrait être mesuré séparément. Le site de l'enquête devrait avoir la capacité suffisante de peser tous les véhicules lourds qui passent à la fois, tant vides que chargés.

3.3 Evaluation

3.3.1 Placements de fonds dans les RRFVC

Le secteur routier consomme une partie importante des placements globaux en infrastructure faits dans la région de la CDAA et, à cause du renforcement de l'accent sur l'allègement de la pauvreté, il y a aussi un renforcement de l'accent sur les placements en RRFVC. Cependant, les placements en ces routes devraient être basés sur un ensemble de besoins clairement entendus pour eux. *Le processus de déterminer ces besoins-là nécessite la considération détaillée des rôles économiques et sociaux des routes, et ces dernières, à leur tour, devraient être vues au contexte des besoins communautaires plus étendus d'accessibilité et de mobilité.* Assurément, la mise à disposition des routes ne sera qu'un des mécanismes employés pour satisfaire ces besoins-là.

Les divers effets à court terme et les impacts à plus long terme de tels placements routiers peuvent être schématisés comme indiqués dans la Figure 3.4. Ils ne sont pas seulement une progression en temps, mais aussi une progression en certitude, les développements plus distants étant plus difficiles et moins certains à se réaliser.

Effets/Impacts

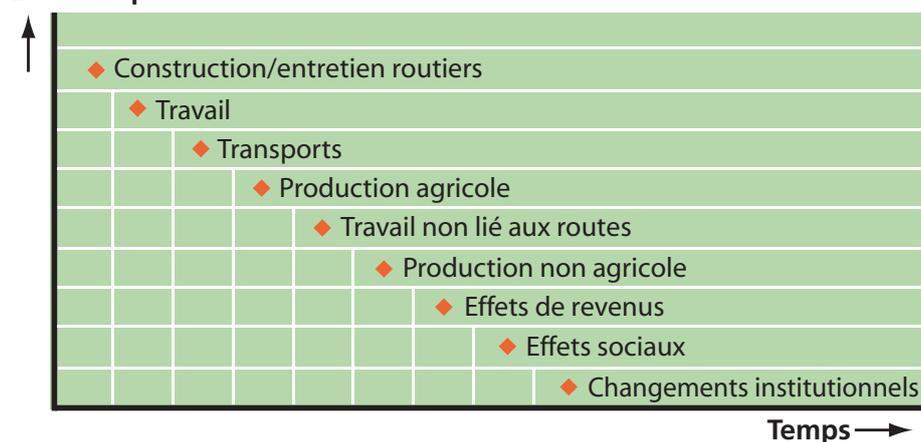


Figure 3.4 - Effets et impacts de placements routiers avec le temps⁶

Du point de vue de placements routiers seulement, le travail est considéré comme certain. *Ce travail et, en conséquence, le potentiel d'aider les pauvres, est évidemment mis en valeur par l'utilisation de méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre.* A l'exception du travail, tous les autres effets et impacts sont indirects. Leur occurrence ou non occurrence dépendent de deux facteurs:

- (1) La circulation se réalise à cause de l'amélioration de la route
- (2) Cette circulation fonctionne plus efficacement.

3.3.2 Etablissement des coûts de durée de vie

Après avoir élaboré une liste de projets sélectionnés, l'objectif de l'évaluation économique est d'assurer que toutes les possibilités considérées représentent un moyen coût-efficace de produire la route. Des évaluations motivées par des besoins économiques seront relativement faciles à identifier à partir des analyses de rentabilité. Cependant, les cadres traditionnels d'évaluation ne pourvoient pas à la justification économique des RRFVC, puisque l'allègement de la pauvreté et les autres questions d'avantages sociaux sont plus difficiles à quantifier et il y a une tendance de n'en tenir aucun compte.

L'établissement des coûts de la durée de vie se sert des techniques d'évaluation économique pour sélectionner, parmi une gamme d'options, le nouveau projet routier le plus approprié économiquement et le procédé d'entretien et/ou de remise en état le plus approprié économiquement pour une route existante.

Dans les approches traditionnelles à l'entreprise d'une analyse économique, l'objectif fondamental est de déterminer l'équilibre optimum entre les coûts du projet (liés au niveau du dimensionnement) et les avantages à tirer du projet en termes d'économies des coûts du transport, et d'autres avantages secondaires, tels que les avantages sociaux et environnementaux. L'objectif est d'établir le choix de placement qui *minimise les coûts de la durée de vie*.

La Figure 3.5 montre la courbe conceptuelle du coût global des transports routiers, qui consiste en les coûts de construction et de la remise en état, les coûts d'entretien et les coûts des usagers des routes. Elle montre qu'au fur et à mesure que les coûts de construction/de remise en état s'augmentent, (à cause des normes de dimensionnement plus élevés), les coûts des usagers des routes normalement diminuent. La norme optimale de dimensionnement routier est réalisée lorsque le total des coûts du projet est minimisé. Cette norme optimale varie en fonction du niveau de la circulation et aux contributions relatives des coûts de construction, d'entretien et des usagers des routes.

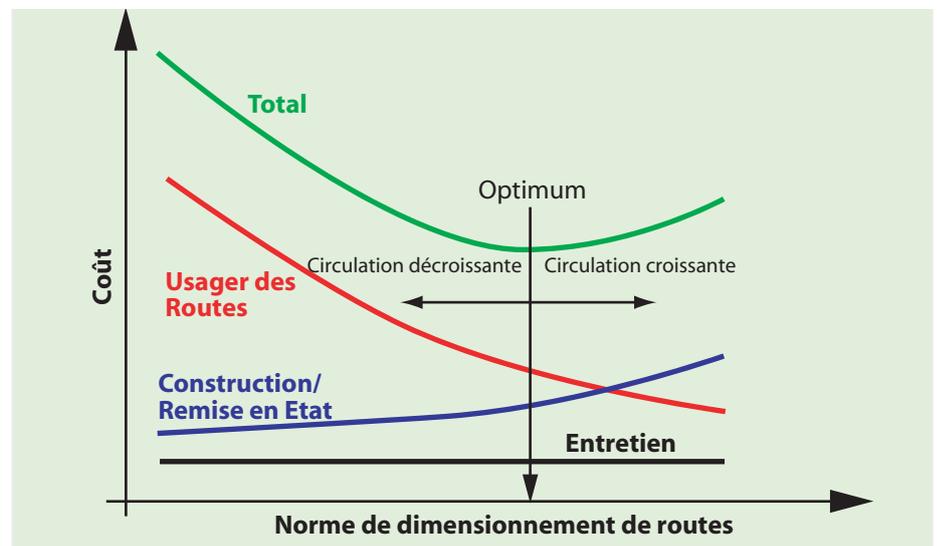


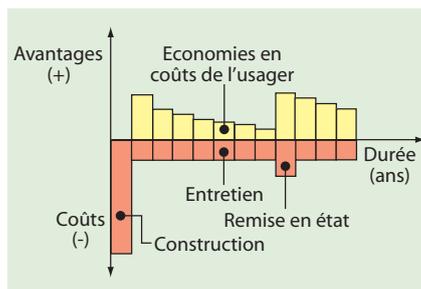
Figure 3.5 - Analyse économique des normes optimales de dimensionnement de routes

A un niveau donné de circulation, si la route devait être construite à une norme plus élevée que l'optimum, des avantages dérivés de la diminution des coûts de l'usager des routes et d'entretien ne seraient pas suffisants pour compenser les coûts de la construction initiale, et le placement résultant serait sub-optimal. Ceci souligne l'importance d'assurer qu'on adopte des normes appropriées dans la planification, la conception, la construction et l'entretien des RRFVC. Comme on devrait s'y attendre, la norme optimum de dimensionnement d'une RRFVC est inférieure à celle d'une RFortVC.

Les Principes d'Evaluation Economique

Il y a plusieurs méthodes de faire une évaluation économique des projets de revêtement routier, dont les objectifs primaires sont de déterminer:

- La somme appropriée du placement et les rendements envisagés de ce placement
- Les normes géométriques et les normes appropriées du dimensionnement structurel appropriées à la somme du placement afin d'obtenir les rendements envisagés
- Les impacts économiques et socio-économiques des placements, tels que l'amélioration des services d'industrie, d'agriculture, d'enseignement et de santé pour la communauté.



Répartition des coûts et avantages pendant la durée de vie d'une option routière.

Par l'identification, la quantification en termes monétaires et la comparaison des coûts et avantages des options différentes, cette technique est en mesure de fournir des conseils sur le dimensionnement, l'établissement des priorités et la sélection des projets routiers potentiels en abordant une large variété de questions-clé de prise de décisions. Par exemple:

- Est-ce que le placement est économiquement justifié?
- S'il existe une gamme de placements alternatifs, quelle option donnera le rendement économique le plus intéressant?
- Est-ce que le temps pour la réalisation du projet envisagé est bien jugé?
- Est-ce qu'on devrait introduire les composantes du projet peu à peu au cours d'une période de temps?
- Comment influent le risque et l'incertitude sur le choix de projets?
- Si les fonds sont limités et il y a beaucoup de placements intéressants, quelle route devrait avoir la priorité?

L'analyse économique considère le projet d'un point de vue national. Dans une analyse économique de coûts-avantages, les coûts et avantages globaux résultant d'un projet sont identifiés et mesurés, n'importe qui encourt les dépenses ou profite du projet. Par contraste avec une analyse financière, il n'est pas nécessaire qu'une transaction monétaire ait lieu pour obtenir un avantage économique ou encourir des coûts.

Composantes principales: Les composantes principales d'une évaluation économique sont les suivants⁷:

- L'identification d'au moins deux cas différents. Ceci impliquera un *cas de bas* ou "*cas sans placement*" et au moins *un projet* ou "*cas avec placement*"
- *L'horizon du période de planification*, c à d, la durée de la période pendant laquelle l'évaluation est faite
- Une estimation des *coûts de placement* du projet, exprimée *en termes de prix économiques*
- Les *avantages* du projet/des projets exprimés en *termes de prix économiques* et estimés des différences des coûts entre les "cas sans placement" et ceux des "cas avec placement"
- Une détermination an par an des coûts et avantages des projets différents au cours de leur durée de vie de calcul, en se servant des techniques de marge brute escomptée d'autofinancement afin de les réduire à leur *valeur actuelle* en termes *des critères de décisions économiques*, tels que VAN, RAL ou TRI. Une étude de la solidité ou fiabilité des résultats est réalisée par le moyen d'une *analyse de la sensibilité* ou d'une *analyse du risque*.

3.3.3 Quantification des Coûts et des Avantages

Il existe deux méthodes principales de quantifier les coûts et avantages d'un projet en termes économiques: la méthode de Surplus de Consommateur et la méthode de Surplus de Producteur.

- (1) **La méthode de Surplus de Consommateur:** C'est la méthode orthodoxe d'estimer les économiques de placements routiers qui suppose une diminution des coûts du transport résultant des économies des coûts d'exploitation des véhicules⁸. Les avantages directs pour les usagers des routes – *le Surplus de Consommateur* – égalent le nombre de voyages et l'économie faite pour chaque voyage.



Le transport de bananes et d'autres comestibles à bicyclette.

La méthode de Surplus de Consommateur est généralement utilisée pour les projets où les niveaux de circulation sont susceptibles d'engendrer des économies des coûts des usagers des routes pour justifier le financement du projet. Le seuil minimum de circulation qui rend cette méthode appropriée est difficile à définir préalablement, mais est probablement de l'ordre de 50 – 100 v/pj.

(2) **La méthode de Surplus de Producteur:** Dans les situations où il n'y a aucune route et l'amélioration importante de l'accessibilité véhiculaire est envisagée afin de susciter le développement de la région, il se peut que la méthode de Surplus de Producteur soit la façon la plus appropriée d'estimer les avantages agricoles résultant des placements routiers⁹. La méthode de surplus de producteur estime les avantages prévus résultant des coûts réduits des produits agricoles qui normalement équivalent ceux prévus par une méthode de surplus de consommateur. Cependant, lorsqu'on se sert de la méthode de surplus de producteur, les avantages pour les passagers et les économies d'autres coûts non agricoles doivent toujours être estimés séparément.

La production agricole et l'étendue des avantages du producteur sont prédits à partir de l'accroissement des prix des produits sur place résultant de la diminution des coûts de transporter les produits au marché ainsi que de la diminution des frais de transport de ses besoins agricoles. Cependant, on a identifié plusieurs problèmes liés à l'application de cette méthode, y compris le besoin de quantités importantes de données qui seraient soit non disponibles soit de fiabilité douteuse, et aussi la crainte des méthodes de double comptage. Pour ces raisons, l'emploi de la méthode de surplus de producteur n'est pas recommandé à moins qu'il y ait une quantité importante de connaissance au sujet de l'agriculture et de ses réactions probables aux changements des coûts de production et des prix de vente.

3.3.4 Coûts du Projet

Il y a deux domaines principaux à aborder lorsqu'on calcule les coûts d'un projet:

- 1) Les coûts de projet pour une gamme de normes alternatives de l'infrastructure
- 2) Le choix de la technologie et les options disponibles, de méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre aux méthodes mécanisées.

Les coûts principaux d'un projet comprennent:

- Les coûts de planification/conception
- Les coûts de construction/surveillance
- Les coûts des agences routières (administration, exploitation, entretien)
- Les coûts des usagers des routes (CEV et CDT).

Les coûts de construction et d'entretien peuvent différer considérablement en fonction des normes suivies dans la construction de la route. Des avantages importants financiers peuvent être réalisés si les normes pour les RRFVC présentées dans ces Directives sont employées et il est important de posséder une connaissance détaillée des coûts pendant le procès d'évaluation. Les options principales sont indiquées dans le Tableau 3.4 avec leurs impacts possibles sur les coûts de construction.

Tableau 3.4 - Options de réduire les coûts de construction

Option	Avantage Potentiel
Le remplacement d'un processus conventionnel de conception géométrique par une méthode "pragmatique" là où elle est convenable, et par la minimisation des écarts des tracés.	Réduction du dommage résultant de travaux de terrassement et à l'environnement. Les coûts des travaux de terrassement peuvent normalement représenter 30% des coûts globaux de la construction en régions accidentées.
L'emploi des dimensionnements plus appropriés de chaussées et l'utilisation de graviers plutôt que de pierre concassée.	Réduction des coûts de chaussée à cause de la réduction des distances de camionnage et des coûts de traitement des matériaux.
La prise en considération d'une gamme de normes d'infrastructure.	Permet l'adoption d'une norme optimum qui aboutit à la minimisation des coûts globaux de transport.
L'utilisation d'une couche de roulement existante en gravier, par ex. comme couche de base ou couche de fondation.	Réduction des distances de camionnage et des coûts des matériaux.
Le compactage des sous-couches et les assises de chaussée à refus, là où il est possible, plutôt qu'à des niveaux arbitraires prescrits.	Densité accrue, réduction de la dégradation routière et l'extension des intervalles entre les interventions d'entretien.
L'adoption des technologies appropriées de revêtement, telles qu'enduits d'usure en sable et enduits Otta d'usure.	Réduction des distances de camionnage, réduction des coûts de traitement.
Accroissement de l'utilisation de main-d'œuvre et de ressources locales là où ces dernières sont convenables.	Réduction des coûts économiques/financiers des tâches spécifiques.
L'emploi des enduits superficiels comme une mesure ponctuelle d'amélioration.	Réduction des coûts de revêtements, tout en maintenant l'accès permanent.



De courtes sections de route en mauvais état peuvent profiter beaucoup de travaux d'amélioration ponctuels.

La technologie des RRFVC pour des améliorations ponctuelles a le potentiel d'être appliquée sur une large gamme de routes qui ne justifient la mise d'un enduit superficiel sur leur longueur totale, mais qui pourraient profiter d'interventions ponctuelles de scellement. Ces endroits pourraient comprendre des régions où il existe un problème saisonnier important de maintenir l'accès, telles que sur des pentes raides ou dans des régions susceptibles à l'inondation. Ils pourraient aussi comprendre des trajets à travers des villes et villages où, pour des raisons sociales et environnementales, une route scellée aboutirait à la réduction de la nuisance due à la poussière et à l'amélioration de la sécurité. Des stratégies d'améliorations ponctuelles, surtout pour des routes à volumes inférieurs de circulation, représentent une bonne façon de conformer aux objectifs de planification de maintenir l'accès basique en minimisant les coûts globaux de transports.

3.3.5 Avantages du Projet

Des changements de l'efficacité des transports représentent le mécanisme essentiel par lequel les avantages de la construction routière sont transferts ou communiqués⁶. C'est plus que probable que ces changements se manifesteront après le scellement d'une piste en terre/gravier sous la forme d'une réduction des coûts d'exploitation des véhicules (CEV). Toutefois, il est probable que d'autres avantages de nature socio-économique se produiront et, en satisfaisant aux objectifs sociaux spécifiés, laissent toute latitude de réaliser l'allègement de la pauvreté.

Les avantages résultant de l'amélioration d'une RFVC normalement comprennent:

- Des avantages développementaux – tels que les avantages pour le trafic généré
- Avantages sociaux – accès aux facilités par amélioration de la praticabilité
- Des économies des coûts des usagers des routes – telles que la diminution des CEV et CDT
- Avantages pour les agences routières – tels que des réductions des coûts d'entretien.

Dans l'ensemble, plus compétitive et moins déformée l'économie, plus est-il probable que les avantages primaires couvriront toutes les conséquences d'un placement routier. Cependant, pour les besoins de ces Directives, il y a de bonnes raisons pour inclure les avantages secondaires, surtout dans des circonstances où:

- Les volumes existants de circulation sont relativement faibles
- Les placements pour de nouvelles routes sont faits dans des régions rurales isolées
- On s'attend à un changement relativement grand des coûts de transport
- Il y a des ressources non utilisées.

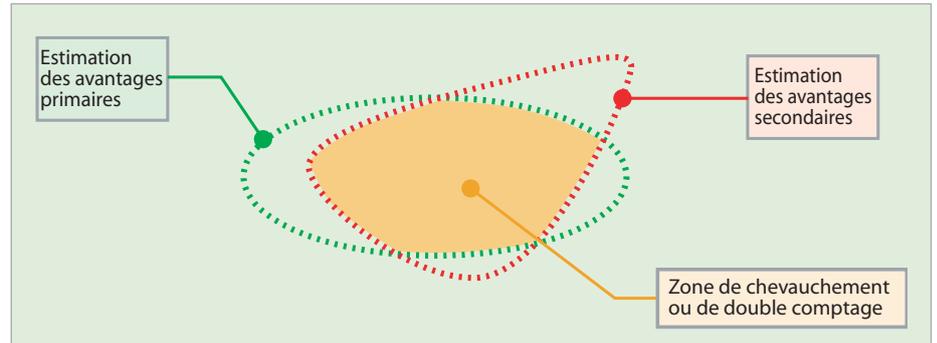


Figure 3.6 - Chevauchement des avantages primaires et secondaires

Avantages sociaux

Les avantages sociaux ne sont pas seulement les plus difficiles à quantifier, mais aussi, mêmes s'ils étaient faciles à quantifier, il n'existe pas de méthode universellement agréée de les incorporer dans une analyse économique. De plus, il est probable que l'addition simpliste des avantages sociaux et économiques aboutira aux problèmes de double comptage.

Ce qui suit indique plusieurs des options qu'on peut considérer pour l'incorporation des avantages sociaux dans une analyse économique:

- (1) Là où il y a des problèmes de praticabilité ou de "traficabilité" avec les routes, il y aura des avantages additionnels à tirer de la mise à disposition des routes améliorées qui créent d'accès toute l'année. Les avantages sociaux principaux résultent d'accès amélioré aux services de santé et d'enseignement, aux possibilités de travail et à l'action sociale réciproque. On n'a pas fait beaucoup de recherches sur le meilleur moyen de quantifier ces avantages, mais des approches pratiques ont tendu à inclure les économies conventionnelles des CEV pour la période pendant laquelle une route a eu des problèmes de praticabilité ou de "traficabilité".
- (2) Il est possible d'identifier des critères principaux sociaux tels qu'en visant les régions les plus pauvres, en allégeant l'isolation à des services basiques et aux marchés. Elles devraient être identifiées sur la base de projet par projet après consultation avec toutes les parties intéressées pertinentes. De façon semblable à l'approche indiquée ci-dessus, les avantages pour les CEV pourraient être inclus si l'amélioration d'une route particulière satisfaisait ces critères sociaux.
- (3) Les avantages résultant des facilités d'enseignement et de santé peuvent être estimés à partir de l'accès amélioré et des améliorations résultant des opportunités de gagner des revenus. Par exemple, les avantages résultant des niveaux plus élevés d'inscription scolaire peuvent être estimés à partir des revenus plus élevés des enfants qui autrement auraient resté non qualifiés. Les avantages pour la santé peuvent être estimés à partir de la diminution des jours de congé de maladie et à partir des revenus nets associés. Cependant, cette approche pourrait exiger beaucoup de collecte de données de terrain et d'analyse.
- (4) La quantification des avantages sociaux dans les mêmes unités que les avantages économiques¹⁰: Dans cette approche, on suppose que les habitants à une distance de 5 kilomètres de tous les deux cotés de la route profiteront des avantages sociaux par suite de l'amélioration routière. En faisant cela, les facteurs sociaux sont convertis en les mêmes unités que les économies en CEV.

Les résultats des recherches en Tanzanie suggèrent que, en moyen, un peu plus de 30% de tonnes/kilomètres soient transportés par des transports non motorisés sur des routes à faibles volumes de circulation. Ce chiffre variait entre un peu plus de 8% pour des routes à plus forts volumes de circulation (plus de 150 véhicules par jour) et plus de 60% pour les routes aux plus faibles volumes de circulation (moins de 10 véhicules par jour).

Avantages pour le trafic non motorisé

Dans beaucoup de pays de la CDAA, le trafic non motorisé constitue une proportion importante de la circulation sur des routes à faibles volumes de circulation et, en beaucoup de cas, cette circulation représente la partie majeure de tonnes/kilomètres globales. Les avantages pour la circulation non motorisée représentent des économies importantes qui ne sont pas saisies dans une analyse conventionnelle de Surplus de Consommateur, et d'autres méthodes devraient être prises en considération.

Bien qu'il y ait eu des recherches limitées sur les impacts des améliorations routières sur les transports non motorisés, il y a un nombre de sources d'information qui aideront les planificateurs à faire des estimations des avantages potentiels. Les sources et le genre d'information disponible sont donnés dans le Tableau 3.5.

Tableau 3.5 - Sources d'information au sujet des transports non motorisés

Source d'Information	Genre d'Information
Modèle de Décisions Économiques Routiers (DER) ¹¹ .	Calcule les CEV pour des piétons, charrettes à animaux et bicyclettes.
Évaluation des placements dans accès rural amélioré - Economists' Guide ¹² . (<i>Guide d'Économistes</i>)	Contient un nombre de minis directives, dont un pour le calcul des CEV des transports non motorisés, basé sur les rapports de l'HDM 4.
Un manuel de véhicules ruraux de transport dans les pays en voie de développement ¹³ .	Contient des tableaux dans lesquels on peut chercher les détails d'une large gamme de véhicules, motorisés et non motorisés, pour des qualités d'infrastructure et des distances différentes.
Procédé ghanéenne de priorisation ¹⁴ .	Fournit des économies de CEV pour des bicyclettes et piétons par suite des améliorations routières.

Quand les estimations des avantages pour des transports non motorisés sont disponibles, il est convenable de les ajouter aux avantages pour le trafic motorisé.

3.3.6 Analyse de coûts/avantages

L'emploi des modèles d'évaluation des placements

La fonction primaire d'un modèle d'évaluation de placements est de calculer les coûts et avantages de la construction routière, de l'entretien routier et les coûts des usagers des routes au cours d'une période spécifiée d'analyse. Ceci se réalise par la modélisation des rapports réciproques entre l'environnement, des normes de construction, des normes d'entretien, des normes géométriques et les coûts des usagers des routes. Cette modélisation peut être utilisée pour faire un nombre d'analyses économiques, dont un a l'objectif d'identifier les routes non revêtues qui pourraient être des candidats potentiels pour le revêtement.

Les composantes typiques d'une analyse des coûts de la durée de vie sont indiquées dans la Figure 3.7 pour le cas de base ou cas "sans placement" (route en gravier) et le cas de projet ou "cas avec placement" (route revêtue).

En des termes très généraux, le revêtement d'une route en gravier serait justifié économiquement quand la valeur actuelle nette (VAN) de la somme des économies des CEV et des coûts d'entretien, par rapport à une route bien entretenue, est au moins égal à la VAN des coûts d'amélioration. S'ils ne sont pas saisis dans le modèle évaluation de placements, les avantages socio-économiques devraient être évalués séparément, après la réalisation de l'évaluation économique.

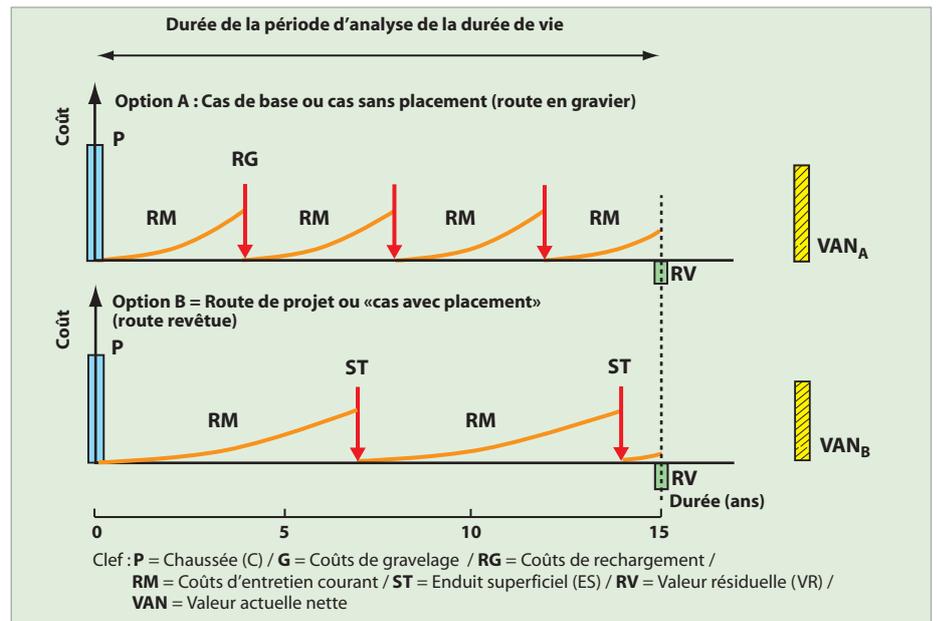


Figure 3.7 - Composantes typiques d'une analyse des coûts de la durée de vie

Caractéristiques des Genres Principaux de Projets

Les projets potentiels pour l'amélioration normalement rentrent dans les catégories suivantes, à savoir:

- Des projets d'accessibilité fondamentale: y compris l'amélioration des pistes et des routes en terre à des routes en gravier
- Des projets de mobilité: (a) le bitumage des routes en gravier existantes (b) le renforcement/l'expansion de la capacité des routes bitumées existantes.

Le placement dans des genres de projets ci-dessus est généralement motivé par des raisons toutes différentes et produit des genres d'avantages tout différents. Pour raisons de commodité, ces genres de projet peuvent être classés par rapport à des bandes larges de circulation, comme indiqué ci-dessous :

Catégorie I – moins de 50 vpj: Des placements dans cette catégorie de routes généralement visent à la pauvreté, l'accent étant sur des objectifs sociaux plutôt que sur des objectifs économiques. Ainsi, une méthode de coût minimal ou de coût-efficacité est généralement adoptée et les modèles de placement sont généralement inconvenables pour ces routes.¹⁵

Catégorie II – 50 à 200 vpj: (Le centre d'intérêt de ces Directives): Des placements dans cette catégorie de routes engendrent un mélange d'impacts économiques, sociaux et environnementaux, suivant leur fonction et le niveau de circulation, qui pourrait comprendre une proportion importante de trafic non motorisé.

Catégorie III – plus de 200 vpj: Des placements dans cette catégorie des routes donnent lieu à des impacts qui sont principalement économiques, sous la forme de coûts réduits de transport, ainsi qu'à des impacts environnementaux.

La Convenance des Modèles d'Évaluation des Placements

L'évaluation économique de projets routiers financés par des bailleurs de fonds dans la région de la CDAA normalement exige l'emploi d'un modèle de placements internationalement reconnu. Les modèles suivants qui se servent de la méthode de Surplus de Consommateur ont été employés à cette fin-là:

- Le Modèle de Placement en Transports Routiers (RTIM), développé par le Laboratoire de Recherche sur le Transport (TRL) du Royaume Uni¹⁶
- Le Modèle de Normes de Dimensionnement et d'Entretien des Chaussées de l'AIPCR (HDM-4)¹⁷.

A la différence des modèles tels que les modèles sud-africains CB-Roads¹⁸ et SURF¹⁹, qui furent développés spécifiquement pour des conditions locales, des modèles tels que le RTIM et le HDM furent développés pour être applicables dans un grand nombre de pays et pour une large gamme de conditions. De plus, ils sont le résultat de la collaboration d'un nombre d'organismes internationaux et, par la suite, la version la plus récente du HDM, le HDM-4, est devenue le modèle *de facto* à utiliser dans la région, avec un dérivé simplifié qui fut développé plus récemment – le modèle de Décisions Economiques pour Routes (DER)¹⁰.

Tandis que le modèle HDM-4 présente un très bon cadre pour l'analyse économique de placements routiers, il n'est pas conçu pour des RFVC et ne peut pas capturer tous les avantages associés avec ces routes. Par contraste, la DER peut être utilisée avec des RFVC et donne un nombre d'autres avantages qui sont contrastés avec ceux donnés par le HDM-4 dans le Tableau 3.6.

Tableau 3.6 - Comparaison des modèles d'évaluation de placement HDM-4 et DER

Modèle	Avantages	Désavantages
HDM 4	<ul style="list-style-type: none"> • Usage mondial du modèle • Des recherches approfondis des rapports entre CEV et la dégradation • On peut s'en servir pour la planification stratégique, c à d, il peut évaluer les réseaux • Le TNM est actuellement prévu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demandes larges de données • Ne comprend pas les bienfaits sociaux¹ • Ne peut pas aborder des questions de praticabilité ou de "traficabilité" • La rugosité routière est souvent une mesure inappropriée de l'état des RFVC • N'est pas très convenable pour de bas niveaux de circulation.
RED	<ul style="list-style-type: none"> • Demandes limitées de données • Peut pourvoir au TNM et à plusieurs avantages sociaux • Peut être exécuté à partir d'un tableur • Peut pourvoir à des questions d'impraticabilité • Peut être utilisé pour le classement de projets • Très convenable pour des niveaux de circulation dans la gamme 50 – 200 vpj. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il n'y a que 4 catégories de TNM • Devrait être calibré pour des routes revêtues à faibles volumes de circulation.

1 - À inclure dans une édition ultérieure

Le Tableau 3.7 présente une guide générale à l'applicabilité des modèles de placement généralement utilisés dans la région de la CDAA pour l'évaluation des RRFVC. Le choix préféré de modèle dépend largement de la nature de l'impact provoqué par l'intervention d'un placement.

Tableau 3.7 - Applicabilité des modèles de placement à l'évaluation des RRFVC

Facteur	Genre de Projet		
	Accès	Mobilité	
		Fondamental	Elevé
Motivation	Social	Socio-économique	Economique
Bande de trafic	< 50 vpj	50 – 200 vpj	>200 vpj
Genre de trafic	NMT	TMN - TM	MT
Avantages relatifs	Sociaux	Forts	Moyens
	Economiques	Faibles	Moyens
Modèle approprié	Coût minimal	DER	HDM-4

Les Méthodes de Coût Minimum.

Le but de la Méthode de Coût Minimum est d'employer l'intervention la plus appropriée et la plus coût-efficace, qui fournit un niveau minimum de praticabilité fiable en toute saison aux moyens de transport prévalant dans l'endroit.

Comme l'indique le Tableau 3.6, les améliorations routières où les impacts économiques dominant (où le niveau de trafic est typiquement >200 vpj et principalement motorisé) seraient évaluées le mieux par des modèles de placement tels que le HDM-4. Cependant, à des niveaux de trafic moins élevés (typiquement 50 – 200 vpj), où le taux de TNM est important et où les avantages sociaux dominant, la DER serait le modèle de placement le plus approprié.

3.3.7 Méthodes de Classement

Les méthodes de classement sont importantes pour deux raisons. D'abord, il est peu probable qu'il y aura des fonds suffisants pour tous les projets qui sont justifiables économiquement ou socialement et les projets doivent donc être classés par ordre de priorité. L'emploi des modèles d'évaluation de placements peut faciliter ceci. Deuxièmement, comme discuté ci-dessus, quelques avantages importants ne peuvent pas être quantifiés facilement et ne peuvent pas être inclus dans les modèles d'évaluation. Ainsi, les méthodes de classement qui permettent la prise en compte pendant le processus d'évaluation sont essentielles si on veut choisir les "meilleurs" projets d'ensemble à réaliser.

Analyse à multicritères: Ces méthodes se servent d'une approche à multi objectifs qui vise à l'incorporation des buts économiques et non économiques dans un cadre d'évaluation.²⁰ Cette approche suppose que l'ensemble d'attributs qui caractérisent un projet ne peut pas être exprimé par un seul paramètre. Le cadre devrait plutôt comprendre un nombre de critères d'évaluation du projet en termes économiques tels que les avantages économiques, les coûts économiques, la répartition des avantages économiques, l'accessibilité à des services sociaux, au travail etc. Les mesures quantitatives de chacun de ces critères devraient ensuite être définies en leurs propres unités pour faciliter la transformation du spectre de mesures physiques pour chaque critère en termes de valeur utilitaire. L'achèvement de cette analyse utilitaire dépend de l'articulation du décideur de ses préférences parmi les divers critères.

Comme beaucoup d'autres systèmes de planification, il est important que les communautés soient tenues au courant tant du choix des critères pertinents que des résultats subséquents. Des problèmes pourraient se produire s'il n'y a pas eu des consultations ou si la complexité devient trop formidable à cause d'un nombre excessif de variables.

L'avantage d'adopter une telle approche est qu'on peut y inclure un nombre de facteurs pour tenir en compte des besoins politiques et socio-économiques plus larges. Cependant, elle a les désavantages en ce que l'addition d'autres facteurs complique l'analyse et qu'une quantité plus grande de données devrait être collectée.

Méthodes de classement complexes: Ces méthodes classent les projets selon les facteurs qui sont considérées être pertinentes à la prise de décision sur le placement plutôt que de déterminer les avantages économiques qu'on pourrait utiliser dans une analyse de coûts. Cette méthode permet la prise en considération des facteurs sociaux et politiques avec les facteurs économiques, et est basée sur les principes suivantes²¹:

- Les facteurs inclus devraient refléter les objectifs du programme de placements.
- Chaque facteur est mesuré dans ses propres unités (par exemple, le nombre de gens accédant aux services).
- Les facteurs sont pondérés pour refléter leur impact sur les objectifs du programme.

Les méthodes complexes de classement se servent d'un système de points qui est assez subjectif. Elles sont probablement plus appropriées lorsque des objectifs économiques sont des parties des objectifs des placements, pour lesquels on adopterait l'approche de "coût minimum".

3.3.8 Implications de l'utilisation des approches révisées

Les implications de l'utilisation des approches révisées recommandées dans ces Directives sont une diminution importante tant des coûts de la construction initiale que les coûts d'entretien à plus long terme. S'ajoutant à l'emploi d'un modèle de placement qui peut quantifier les avantages socio-économiques importants, l'effet est de baisser le niveau de seuil auquel il est économiquement justifiable de revêtir une route en terre/gravier (voir le Tableau 3.8).

Tableau 3.8 - Facteurs influant sur le seuil de trafic pour l'amélioration

Paramètre	Impact
Emploi de dimensionnements plus appropriés de chaussées	Coûts réduits
Emploi de conceptions géométriques plus appropriées	Coûts réduits
Utilisation accrue des graviers naturels/non traités	Coûts réduits
Impacts quantifiés des ressources en gravier épuisées	Coûts réduits
Avantages de trafic non motorisé	Avantages accrus
Quantification des impacts défavorables sur des routes en gravier	Avantages accrus
Réduction de dommage écologique	Avantages accrus
Quantification des évaluations des avantages sociaux	Avantages accrus

L'impact de ces facteurs est schématisé dans la Figure 3.8, qui reflète les résultats de recherches récentes²² et qui indique que, dans de certaines circonstances, le scellement bitumineux des routes en gravier est économiquement justifié à niveaux de circulation de moins de 100 vpj. Ceci contraste avec les chiffres agréés auparavant pour l'Afrique Subsaharienne, qui indiquaient que la mise à disposition d'une surface bitumée n'était économique qu'au-dessus des niveaux de circulation de 200 vpj.

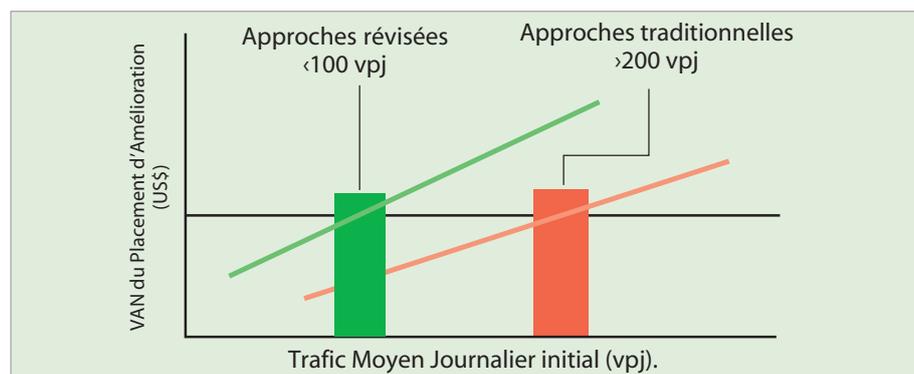


Figure 3.8 - Seuils de rentabilité des niveaux de trafic pour le revêtement d'une route en gravier: approches traditionnelles contre approches révisées

La Valeur Actuelle Nette (VAN) n'est que la différence entre les avantages et les coûts escomptés pour la période d'analyse. Une VAN positive indique que le projet est économiquement justifiable au taux donné d'actualisation.

3.4 Questions Environnementales

3.4.1 Introduction

Tout développement effectué par l'homme, tel que la construction des routes, aboutit à un impact inévitable sur l'environnement. En pratique, donc, il devrait être accepté que des modifications de l'écologie naturelle soient le résultat inévitable des essais d'atteindre le progrès social et économique, d'alléger la pauvreté et d'améliorer le bien-être humain.

Les RRFVC de la région sont généralement construits afin d'améliorer le bien-être économique et social des usagers des routes ou qui en sont desservis. De leur nature même, telles routes sont des agents de changement qui peuvent occasionner tant d'avantages que de dommage à l'équilibre existant entre les gens et l'environnement. Dans le passé, l'attention de beaucoup de pays de la CDAA était concentrée presque exclusivement sur les avantages potentiels de ces facilités routières soit nouvelles soit améliorées. Par contraste, les problèmes écologiques résultants ont reçu peu d'attention, en grande partie parce qu'on les considérait comme sans importance ou comme le prix à payer pour le développement.²³

Plus récemment tous les gouvernements de la CDAA sont devenus de plus en plus conscients de l'impact du développement effréné sur l'écologie et reconnaissent que, à long terme, la préservation de l'écologie et le développement économique ne sont seulement compatibles mais sont aussi interdépendants et mutuellement renforçants. Ceci a soulevé un nombre de questions qui doivent être affrontées maintenant pour essayer d'établir un équilibre entre le développement indispensable d'une part et le soin de l'écologie d'autre part.

Cette section considère les questions environnementales confrontant les administrations routières dans la région de la CDAA, avec l'accent sur les RRFVC. L'importance d'établir des directives appropriées de politique et le rôle des études d'impact sur l'environnement (EIE) dans la mise à disposition des RRFVC sont considérés, avec les impacts environnementaux principaux susceptibles d'être rencontrés et les mesures atténuantes de les surmonter.

3.4.2 Environnement

Dans son sens le plus large, le terme "environnement" comprend tant l'environnement naturel ou "biophysique" (la flore, la faune et les caractéristiques physiques), que l'environnement humain (les facteurs socio-économiques et culturels) et leur action réciproque. Comme l'indique le Tableau 3.9, il y a quatre "pierres angulaires" de l'environnement:

- Ecologique
- Economique
- Social
- Physique.

Chacune de ces pierres angulaires de l'environnement comprend une gamme de facteurs qui devraient être pris en considération à toute étape de la phase de planification, comme discuté plus loin dans ce chapitre.

Sauvegarde de l'avenir

Toute activité humaine dépend de la Terre et de ses ressources naturelles, mais parfois elle menace l'équilibre délicat de l'environnement. Le défi le plus grave qui nous affronte aujourd'hui est la réalisation des améliorations des conditions de vie de millions de gens, tout en protégeant et sauvegardant l'environnement pour les générations futures.

Overseas Development Administration (ODA), Royaume Uni. Action for the Environment, mai 1992.

Qu'est-ce que vous pensez de l'environnement?

L'environnement n'est pas une ressource gratuite sans limite. Il fournit une large gamme de services qui sont à la base de toutes les activités productives et il contribue au bien-être humain d'un nombre de façons directes. Bien qu'il ne soit pas possible de fixer un prix conventionnel pour l'environnement, il a toujours une valeur pour ceux qui y travaillent et habitent.



Des éléphants traversant une route dans une réserve naturelle.

Tableau 3.9 - Pierres angulaires de l'environnement

E N V I R O N N E M E N T	● Ecologique	- Impact sur la flore et la faune - Déboisement - Dérangement de l'écosystème naturel - Décroissement de la biodiversité - Menaces à des espèces exotiques et non indigènes - Epuisement des ressources peu abondantes en matériaux - Affouillement régressif ou progressif
	● Economique	- Coûts de capital (conception et construction) - Coûts d'entretien - Coûts de dégâts de l'eau - Perte/dégradation de terre agricole/arable - La stérilisation de terre pour l'usage ultérieur - Diminution de valeur de terre (emprunts désignés, fermes divisées)
	● Social	- Rupture/dislocation de communautés locales - Impacts défavorables sur les femmes - Destruction d'antiquités culturelles - Conflits résultant de changement de l'occupation des sols/ de la propriété foncière - Accidents de la circulation - Santé et sécurité (par ex. le danger de noyer dans les carrières pour humains, surtout pour enfants, et pour la faune) - Impacts de construction
	● Physique	- Esthétique – par ex. la perte de la beauté naturelle et défiguration de la terre - La végétation naturelle n'est pas – ou ne peut pas être - remplacée - Pollution de l'air, de l'eau et par le bruit - Impact de la poussière - Perturbation des réseaux d'évacuation des eaux

3.4.3 Causes typiques de problèmes environnementaux

Les causes typiques des problèmes environnementaux liés à la mise à disposition des RRFVC sont les suivants:

- **Défauts de dimensionnement:** ceux-ci occasionnent des problèmes lorsqu'ils ne sont pas prévus et des mesures curatives ne sont pas incluses dans le projet. Par exemple, des mesures destinées à éloigner des eaux de la route pourraient donner lieu à des problèmes ailleurs. Des mesures préventives d'en amont peuvent empiéter sur les écoulements naturels des rivières. Les drains concentrent les eaux et accélèrent les flux, parfois aboutissant à des inondations et à l'érosion des sols en aval.
- **Documentation médiocre de projet:** A moins que les mesures curatives soient clairement reflétées dans les documents de projet (par ex. les attributions ou les documents de projet) il se peut qu'elles ne soient pas complètement mises en application. Ceci souvent résulte de l'emploi de documents traditionnels de contrat qui ne pourvoient pas aux circonstances spéciales du projet. Par exemple, les documents traditionnels des contrats routiers souvent comprennent des spécifications qui exigent que l'entrepreneur "fouille le sol et s'en débarrasse au sein du profil transversal" ou "transporte le matériel excédent aux déblais". Si telles spécifications sont mises en application par mégarde dans du terrain raide et montagneux – surtout si les flancs de coteau sont cultivés intensivement – le déversement de sol du côté de la formation de la chaussée peut entraîner des résultats ravageurs.
- **Présence d'activités de construction:** Les travaux temporaires en chantier sont normalement caractérisés par la présence d'emprunts, d'orniérage routier occasionné par les roues des véhicules et par des fosses qui deviennent des foyers de reproduction d'insectes (surtout des moustiques). Les ouvriers de la construction tuent la faune locale "pour la cocotte", tandis que les ordures de cantine normalement associées avec des camps de construction promeuvent la prolifération d'insectes et de la vermine. Une des maladies les plus graves propagées par les



Un emprunt non restauré – caractéristique de beaucoup de pays dans la région de la CDAA.

équipes de construction dans beaucoup de pays de la CDAA est le paludisme. On peut généralement empêcher tels impacts en incluant des mesures curatives appropriées dans la documentation de contrat.

Institutions environnementales faibles: Les mesures curatives efficaces dépendent de l'efficacité des institutions environnementales locales, y compris celles qui s'occupent du règlement d'occupation des sols. Par exemple, lorsque de nouvelles routes sont construites dans des régions non développées, il devrait être obligatoire de faire homologuer le projet à l'agence locale de planification responsable du développement planifié et spontané qui pourrait se produire comme résultat du projet. Cependant, telles dispositions ne seront pas effectives à moins que l'agence environnementale locale ait les compétences, la main-d'œuvre et l'autorité de s'assurer que l'entrepreneur satisfait les exigences. Si la performance des institutions environnementales locales est susceptible d'influer sur la réalisation du projet, telles faiblesses devraient être évaluées et rectifiées avant l'approbation du projet.



Réserves de gravier pour la construction routier – ceci résulte en l'épuisement graduel d'une ressource limitée, non renouvelable – une activité non durable.



Des enfants exposés aux risques de se noyer et de l'eau de mauvaise qualité. Des accumulations de l'eau et mauvais drainage aussi augmentent le niveau de maladies transmises par des moustiques.



Très souvent du matériel utilisé de construction est abandonné et choque la vue. La documentation du contrat devrait aborder l'enlèvement de matériels superflus à un endroit autorisé.

Le cas spécial d'emprunts

L'extraction de quantités importantes de ressources naturelles non renouvelables pour la construction routière dans les pays de la CDAA est de l'ordre de plus de 150 millions de mètres cubes par an et a le potentiel d'occasionner des effets nuisibles (impacts négatifs) pour l'environnement local et pour ses habitants.

Cadre 3.6 - Impacts spécifiques d'emprunts dans la région de la CDAA

- Ressources en matériaux
 - Perte permanente des ressources naturelles
- Dommage morphologique
 - Modification du drainage naturel
 - Accroissement de l'affouillement des sols et le colmatage des cours d'eau par la perturbation du sol
 - Déstabilisation des pentes
- Ecologie
 - Perte des lieux sauvages et des forêts
 - Déplacement des espèces et des habitats
 - Perte de la productivité potentielle de terrain agricole.
- Pollution
 - Contamination de l'eau et du sol par des déversements accidentels de carburants et d'huile
 - Production de poussière au cours du traitement, du chargement et du camionnage de matériaux
 - Accroissement de la poussière produite par les véhicules sur les pistes de desserte
 - éparpillement
- Impacts sociaux et pour la santé
 - Création des habitats pour des maladies
 - Changement du paysage et interférence avec la beauté naturelle
 - Division des communautés ou des fermes
 - Perte d'héritage terrien
 - Perte d'antiquités, d'héritage culturel, d'endroits d'intérêt culturel (par ex. des tombes)
 - Risques pour les piétons et les animaux, y compris d'emprunts ouverts ou non marqués, bornes de délimitation etc.
 - Risques de sécurité pour le peuplement local résultant de son exposition à matériels et circulation lourds
 - Bruit de perçage, de dynamitage, de circulation et de matériel.

Restauration d'un emprunt



(a) Emprunt original pendant la construction.



(b) Restauration de l'emprunt en cours après un an.



(c) Restauration totale de l'emprunt réalisée après 3 ans.

Les autres impacts écologiques liés à la construction routière dans la région de la CDAA comprennent:

- Carrières de roche dure
- Carrières de gravier en lit de rivière
- Carrières sur les pentes de collines.

Des études récentes menées par le Transport Research Laboratory du Royaume Uni²⁴ en deux pays ont montré que:

- Traditionnellement, la restauration des emprunts a été l'exception plutôt que l'usage. En moyen, seuls environ 15% des emprunts sont restaurés après l'extraction des matériaux.
- Le dommage écologique occasionné par des pratiques impropres d'extraction et de remise en état peut couvrir une grande superficie et peut devenir évidente seulement après l'achèvement du projet. Des exemples comprennent l'affouillement des sols aboutissant au colmatage des cours d'eau naturels. Dans environ 50% des emprunts exploités d'affouillement excessif des sols se sont manifestés.
- Le dommage écologique résultant de carrières est souvent plus sévère dans les régions qui sont importantes pour l'agriculture de subsistance. Seuls 4% du terrain antérieurement utilisé pour l'agriculture était en culture après l'extraction des matériaux.
- Les entrepreneurs souvent laissent des carrières ouvertes à la demande du foncier, parce qu'ils sont considérés comme des "mini réservoirs" pour la fourniture de l'eau aux animaux et pour les buts de lavage et baignage. Cependant, cette pratique représente des risques graves pour des humains, occasionnés par l'exposition à l'eau stagnante et aux maladies transmises par les moustiques.

A la suite de l'étude du TRL, on a développé des directives améliorées de gestion des emprunts²⁴. Ces directives prennent en considération:

- Des questions de planification et d'accès
- L'enlèvement et stockage des terres végétales et les terres sus-jacentes
- Les procédés de la remise en état et d'enlèvement du sol
- La sécurité (par ex. la santé et les maladies, les panneaux de danger, le palissadement, éparpillement et déversements accidentels de carburants).

Les directives contiennent aussi des conseils à utiliser dans les documents de contrat.

3.4.4 Etude des Impacts sur l'Environnement

La responsabilité de la mise en application des politiques saines environnementales réside chez les agences exécutoires dans la région de la CDAA, normalement les agences routières, qui sont conseillés et aidés par les unités environnementales de l'agence. Cependant, il y a une tendance croissante d'établir des Services et des Ministères dédiés à l'environnement. En exécutant leurs responsabilités, le personnel devrait être guidé par l'objectif fondamental d'assurer que les projets sont conçus et réalisés conformément aux principes sains qui minimisent les impacts défavorables et mettent les avantages en valeur. Afin de réaliser ces objectifs il y a une variété de procédés qu'on devrait suivre à des divers stades du cycle du projet. Ces procédés normalement impliquent quelque sort d'évaluation de l'impact sur l'environnement (EIE).

Le Processus d’EIE

L’EIE n’est pas un résultat. Elle est plutôt un processus pour améliorer la qualité du résultat et elle peut être appliquée à n’importe quelle proposition²⁵. Le processus est souple et adaptable et peut être adapté pour convenir aux circonstances de tout projet routier. Essentiellement, une EIE évalue les impacts prévisibles, tant avantageux que désavantageux, et aide à indiquer les mesures atténuantes et les possibilités alternatives, ainsi qu’à optimiser les impacts positifs en diminuant ou limitant les impacts négatifs.



L’amélioration d’une route exige de planification soignée afin de minimiser les impacts défavorables sur l’environnement naturel.

Les composantes principales de l’EIE comprennent:

- L’établissement du besoin du projet
- L’identification et quantification de la gamme totale d’impacts potentiels sur les environnements naturels et sociaux
- L’élaboration de procédés curatifs pour éviter, mitiger, et compenser ces impacts
- L’inclusion de mesures curatives dans les documents de projet
- L’assurance que les mesures curatives sont respectées au cours de la réalisation du projet.

Les processus de l’EIE est normalement intégrée dans le cycle de projet comme un moyen d’améliorer la qualité du résultat. La participation de la communauté dans ce processus est importante et nécessaire puisqu’il vise à obtenir de l’information, des opinions et des soins qui ne peuvent être fournis par la communauté affectée. Elle peut prendre beaucoup de formes et peut s’intégrer au processus à n’importe quel stade ou à tous les stades, suivant le genre du projet. Elle peut impliquer une large gamme de groupements d’intérêt et d’individus ou puisse n’exiger que la participation limitée. Le processus est exposé brièvement dans le Tableau 3.10.

Tableau 3.10 - Un cadre pour l’EIE

Phase du cycle du projet	Activité	Objectif
Identification du projet	Sélection initiale	- Enregistrement des “signaux de danger” - Prévention des investigations non nécessaires là où il est probable que les impacts seront minimaux
Possibilité	Evaluation environnementale	- Prédiction des impacts principaux - Evaluation de l’importance des effets - Indication des interventions principales atténuantes requises - Présentation des implications aux décideurs
Conception	Evaluation des impacts sur l’environnement	- La prédiction en détail des impacts probables, y compris les implications pour les coûts - Identification des mesures spécifiques nécessaires pour la prévention, atténuation ou compensation du dommage - Présentation des prédictions et des options aux décideurs
Engagement et négociation	Imposition de l’EIE	- Assurance que les mesures atténuantes environnementales sont incluses dans les documents du contrat
Mise en application	Surveillance environnementale	- Assurance que les mesures atténuantes environnementales sont respectées au cours de la construction
Exploitation et entretien	Audit environnemental	- Evaluation de l’étendue de la mise en application d’un projet contre les exigences dérivées à partir de l’EIE. - Assurance que les leçons apprises seront incorporées dans des projets ultérieurs.

Les résultats d’une EIE sont souvent formalisés sous le forme d’un Compte Rendu de l’Impact sur l’Environnement (CRIE) qui, dans plusieurs pays de la CDAA, est obligatoire pour beaucoup de projets routiers. Un tel compte rendu normalement comprendrait:

- Une courte description du projet
- Une courte description de l’environnement actuel
- L’impact probable du projet

- Les mesures atténuantes et protectrices
- La considération de l'alternatif "sans changement"
- Le résumé et les conclusions.

Le CRIE fournirait une meilleure compréhension des liens entre la société, l'environnement naturel et l'utilisation durable des ressources héritées.

Le CRIE est un audit environnemental qui, essentiellement, essaie d'évaluer la mise en application d'un projet contre les exigences déterminées à partir de l'EIE. L'audit peut être considéré comme un "instantané" de la situation environnementale à un lieu et à un temps donnés. Il n'essaie pas de prédire les impacts potentiels de placements envisagés mais sert plutôt comme la source de l'information de base qui pourrait compléter ou remplacer les EIE normales, suivant le genre de projet.

Le cadre 3.7 fournit un exemple d'une liste de contrôle des questions qui normalement seraient pris en compte dans l'EIE pour une RRFVC.

Cadre 3.7 - Liste de contrôle typique des questions à prendre en compte au cours d'une Évaluation des Impacts Sur l'Environnement pour les RRFVC⁷

Développements indirects: Est-ce que le projet encouragera le défrichage de terres pour l'agriculture, le développement industriel ou de l'extraction de minéraux? Quelles mesures pourrait-on prendre afin d'atténuer les effets défavorables à long terme?

Facteurs sociaux: Est-ce qu'on a pris des dispositions adéquates pour la sécurité des véhicules, piétons et TNM? Est-ce que les normes géométriques adoptées sont susceptibles d'exiger des contre-mesures supplémentaires de sécurité (par ex. signalisation, programmes d'enseignement)?

Domage géotechnique: Est-ce que le projet a été conçu de telle façon de minimiser la possibilité de glissements de terrain et d'autres problèmes géotechniques? Est-ce qu'on a pris en compte les conséquences à long terme de l'entretien?

Ressources en matériaux: Est-ce que le projet aboutira à l'épuisement inacceptable des ressources en matériaux qui pourraient être requis pour l'entretien ultérieur ou pour d'autres projets de construction? Est-ce que les emprunts seront restaurés et est-ce que leur impact pourrait être minimisé?

Drainage: Est-ce que le projet aboutira à des risques accrus d'inondation ou de glissements de terrain à cause de la perturbation des configurations naturelles de drainage? Est-ce que le développement ultérieur de terres agricoles et d'autres espaces bâtis auront un effet sur les conditions hydrologiques de telle façon que les travaux de drainage et des ponts devraient être modifiés? Est-ce que des endiguements des eaux créeront des risques à la santé?

Ecologie: Est-ce qu'on a pris en compte les effets sur la faune et flore? A-t-on réalisé une reconnaissance écologique pour évaluer les effets?

Autres facteurs: Est-ce que la pollution d'air, le bruit et vibration et des questions d'intrusion visuelle sont de concerner dans le projet? Si c'est le cas, qu'est-ce qu'on peut faire pour mitiger leurs effets?

Valeur de l'EIE

L'utilisation effective des ressources peu abondantes est de plus en plus importante dans un climat de diminution de financement et des demandes accrues des communautés de l'efficacité et performance accrues de la nouvelle génération d'agences routières plus autonomes de la CDAA. A cet égard, le processus de l'EIE fournit les avantages suivants:

- Des projets alternatifs sont considérés systématiquement

- Le processus de prise de décisions est plus transparent
- Des questions environnementales importantes sont identifiées aux débuts du projet
- Des relations sont établies entre l'agence routière et le public qu'elle sert
- La communauté est rassurée que ses besoins soient pris en considération
- L'agence routière est forcée à considérer les questions plus larges de son travail
- De l'information locale fournie à partir de la participation de la communauté peut augmenter l'exactitude et la pertinence de l'information collectée pour le projet
- Le risque d'échouer un projet à ses débuts à cause du mécontentement est réduit
- L'action réciproque entre les facteurs techniques, économiques et environnementaux aboutit à une conception optimale et à l'amélioration d'efficacité technique et économique.

Aspects législatifs

L'efficacité et la réussite d'une Evaluation des Impacts sur l'Environnement (EIE) dépend de la mesure à laquelle elle est employée activement et incorporée dans les stades différents d'un processus normal de la planification d'un projet. Dans beaucoup de pays de la CDAA, une EIE est devenue une exigence formelle légale ou administrative. Cependant, dans tous les pays de la CDAA il y a un besoin d'institutionnaliser le processus entier de gestion environnementale en établissant un organisme dûment constitué ayant l'autorité nécessaire et le pouvoir légal pour faire valoir la politique environnementale du gouvernement.

L'évaluation des impacts est une évaluation systématique des avantages pertinents et des désavantages (coûts) engendrés par un nouveau plan routier ou par l'amélioration des routes existantes, indépendamment de l'unité de mesure, c'est-à-dire, qu'il s'agit de unités monétaires ou non.

3.4.5 Evaluation des Impacts sur l'Environnement.

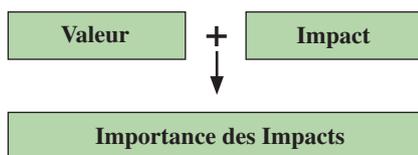
L'évaluation de l'effet probable d'un projet routier sur l'environnement peut être réalisée par le moyen d'une EIE, comme mentionné ci-dessus. Cependant, la quantification de ces impacts est plus difficile. A la différence des impacts monétaires, les impacts non monétaires ne peuvent pas être calculés, évalués ou comparés entre eux d'une façon normalisée. Néanmoins, les impacts non monétaires devraient être pris en considération d'une manière transparente et responsable. Un procédé d'évaluation d'impacts pour l'évaluation de chacun des impacts non monétaires a été élaboré pour qu'ils puissent être considérés avec – ou en comparaison avec – les impacts monétaires²⁶. Le procédé est basé sur les trois facteurs suivants:

- Valeur
- Ampleur
- Importance.

Au cours de l'évaluation de chacun des impacts non monétaires les étapes suivantes sont applicables:

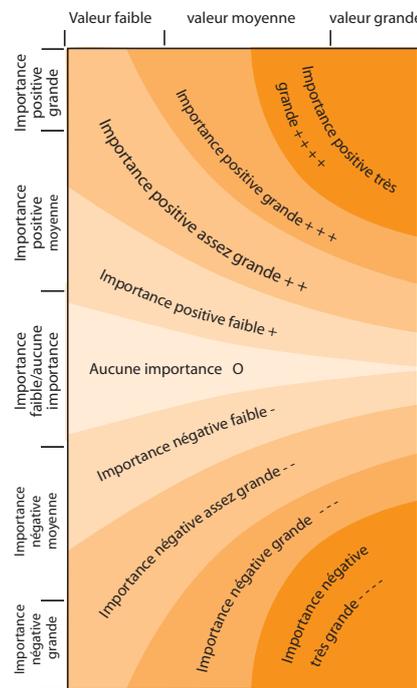
- (1) Evaluation de la valeur des régions affectées par le projet et caractérisées par rapport aux impacts les plus importants
- (2) Détermination de la nature et de l'importance des impacts par le moyen de descripteurs qualitatifs;
- (3) Evaluation de l'importance globale des impacts pour le projet.

L'importance des impacts différents peut être évaluée en combinant la valeur et l'importance de l'impact. Le principe général est que plus grande la valeur et la vulnérabilité du projet, d'autant s'accroît l'impact, soit positif, soit négatif.



Principe général d'évaluation des impacts non monétaires.

Une échelle générale pour l'évaluation de l'importance des impacts est illustrée dans la Figure 3.9, s'échelonnant entre très négatifs (----) et très positifs (++++).



- ++++ Importance positive très grande
- +++ Importance positive grande
- ++ Importance positive assez grande
- + Importance positive faible
- 0 Aucune importance
- Importance négative faible
- Importance négative assez grande
- Importance négative grande
- Importance négative très grande

L'axe horizontal mesure la valeur de l'impact et l'axe vertical indique l'importance de l'impact. Par exemple, un impact dont la valeur se trouve dans la région "valeur importante" et dont la magnitude se trouve dans la région "valeur positive grande", aura un facteur de signifiante décrit comme "signifiante positive très importante". Ceci implique que l'alternatif routier sera positif en ce qui concerne l'impact.

Figure 3.9 - Un cadre pour évaluer l'importance des impacts sur des projets de RRFVC²⁶

Un exemple du processus d'évaluation de la valeur de l'écologie naturelle, de l'importance des impacts, ainsi que de l'importance des impacts, est montré dans la Figure 3.10.

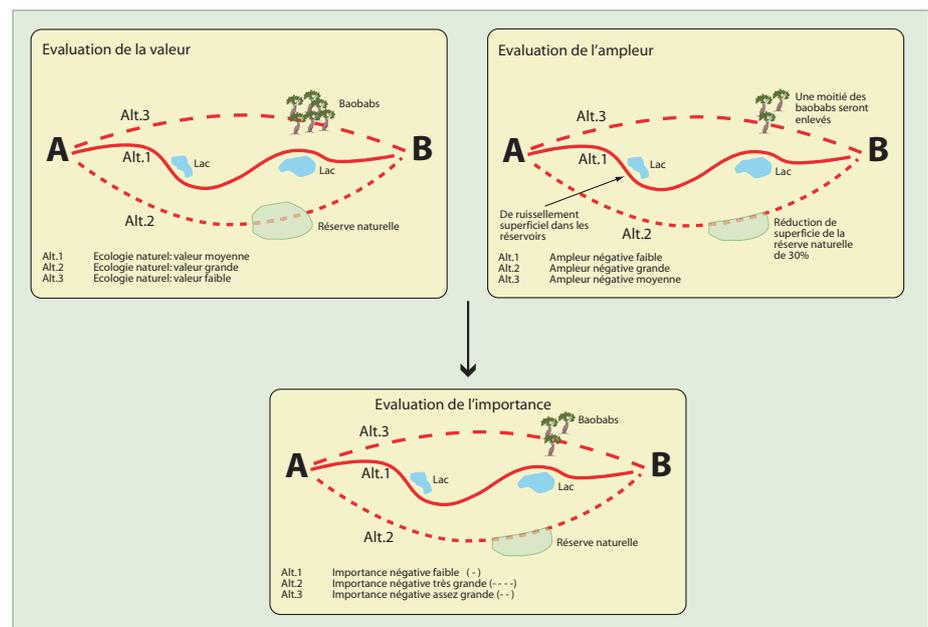


Figure 3.10 - Exemple de l'évaluation de la valeur, de la magnitude et de l'importance d'impacts sur des RRFVC²⁷

3.5 Résumé

Les points capitaux émanant de ce chapitre sont:

1. Les procédés de planification et d'évaluation devraient prendre en compte une large gamme de facteurs extérieurs – dont beaucoup sont de nature non technique – qui influent sur le processus de planification, si la durabilité à long terme du placement devrait être réalisée.
2. Des consultations avec les parties intéressées sont essentielles dans le processus de planification, pour lequel il existe un nombre de techniques qui devraient être entreprises de manière la plus convenable et la plus transparente possible.
3. Les méthodes traditionnelles d'évaluer les placements sont normalement adéquates pour la saisie de la gamme entière des avantages – souvent d'une nature sociale plutôt qu'économique – émanant de la mise à disposition des RRFVC. Des modèles développés plus récemment, tel que le Model de Décision Economique pour des Routes (DER) de la Banque Mondiale, sont plus appropriés pour évaluation de ces routes.
4. Les conséquences de l'adoption des mesures de réduction des coûts, telles que l'emploi de méthodes plus appropriées de dimensionnement de chaussées et de conception géométrique, et l'utilisation plus large de graviers naturels plutôt que de roche concassée, ainsi que l'emploi des modèles d'évaluation tels que DER, sont un abaissement du seuil de niveau de circulation pour le scellement d'une route en terre/gravier du taux antérieur de 200 vpj à moins de 100 vpj.
5. Les questions environnementales deviennent de plus en plus importantes dans la région qu'auparavant. Les Evaluations des Impacts sur l'Environnement (l'EIE) devraient faire partie de tout projet de RRFVC. L'efficacité de l'EIE dépendra de la mesure de son emploi actif et de son incorporation dans des étapes différentes du processus de planification du projet.

Les processus importants de planification et d'évaluation ont été abordés dans ce chapitre, ainsi que les questions environnementales. Les décisions prises au cours de la phase initiale de planification exercent une influence particulière et ont un fort impact sur les stades ultérieurs de la mise à disposition des RRFVC, y compris les stades de conception géométrique et des questions associées de la sécurité routière, qui sont abordés dans le Chapitre 4.

3.6 Références et Bibliographie

Références

1. Heggie I. G. (1972). *Economic Evaluation of Engineering Projects: A Comprehensive Approach to Planning Transport Facilities*. Proceedings of the UK Institution of Civil Engineers. Paper 7500S, Londres, Royaume Uni, 1972.
2. Carney D. (1998). *Implementing the Sustainable Rural Livelihoods Approach. Sustainable Rural Livelihoods – What Contribution Can We Make?* (ed Diana Carney). Papers presented at the Department for International Development's Natural Resources Adviser's Conference, Londres, Royaume Uni, juillet 1998.
3. International Labour Organisation (ILO) (1996). *Integrated Rural Accessibility Planning in Lao PDR*. août 1996.
4. Fouracre P. (2001). *Rural Transport Survey Techniques*. Rural Transport Knowledge Base, Rural Travel and Transport Programme. TRL Limited, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni, 2001.
5. Howe J. D. G. F. (1972). *A Review of Rural Traffic-Counting Methods in Developing Countries*. RRL Report LR 427. Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
6. Howe. J. D. G. F. (1998): *Impact of Rural Roads on Poverty Alleviation in Developing Countries*. Third International Workshop on Secondary Rural Roads, du 19 au 21 mai 1998, Jozefow, Pologne. IHE Working paper T&RE-21.
7. Transport Research Laboratory (1988). *A Guide to Road Project Appraisal*. Overseas Road Note 5, TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
8. Van der Tak, H. G. et A. Ray (1971). *The Economique Benefits of Road Transport Projects*, World Bank Staff Occasional paper No. 13, The World Bank, Washington D.C., Etats-Unis.
9. Carnemark, C. J. Biderman et D. Bovet (1976). *The Economic Analysis of Rural Road Projects*. World Bank Staff Working Paper No. 241, The World Bank, Washington D.C., Etats-Unis.
10. Robinson, R. (1999): *A New Approach to Quantifying Economic and Social Benefits for Low-volume Roads in Developing Countries*. Impact Assessment and Project Appraisal, Volume 17, No.2, Guildford, Surrey, Royaume Uni, juin 1999.
11. Archondo-Callao, R. (1999). *Roads Economic Decision Model (RED) for Economic Evaluation of Low Volume Roads*. Sub-Saharan Transport Policy Program Technical Note No. 18. World Bank, Africa Regional Office, Washington, D.C., Etats-Unis.
12. DFID (2001). *Appraisal of Investments in Improved Rural Access: Economists Guide*. Department for International Development, Londres, Royaume Uni.
13. Crossley, P. C. et S. D. Ellis (1996). *A Handbook of Rural Transport Vehicles in Developing Countries*. Silsoe College, Cranfield University, Royaume Uni.

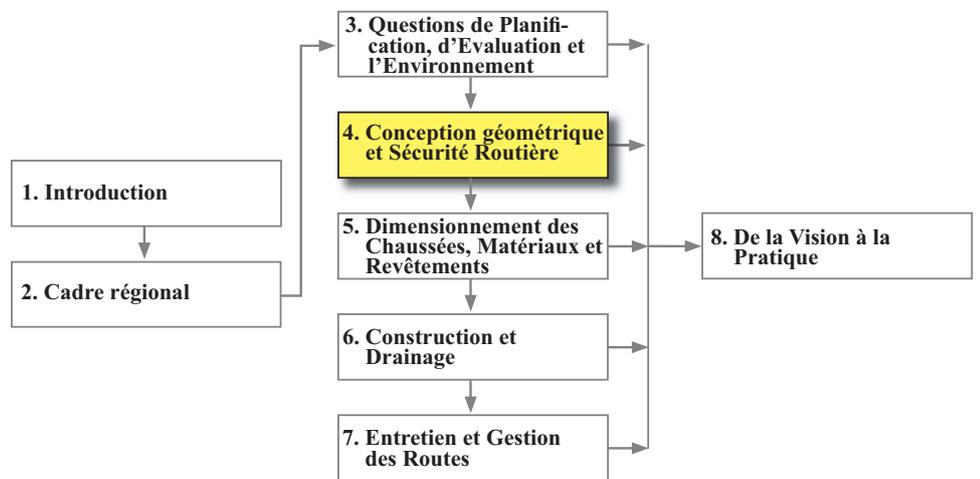
14. Government of Ghana (2001). *Development of a Feeder Road Prioritisation Method. Dept. of Feeder Roads*. Vol I Working Documents: Vol. II Support Documents, Accra, Ghana.
15. Howe, J. D. G. F. (1997). *Least-Cost Planning Methodologies in Rural Transport*. Working Paper T&RE 19. International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering, Delft, Pays Bas.
16. Parsley, L. L. et R. Robinson (1982). *The TRRL Road Investment Model for Developing Countries*. TRL Report LR 1057, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
17. Kerali, H. R. Robinson and W. D. O. Paterson (1996). *The New Highway Development And Management Tools (HDM-4)*. 75th TRB Conference, Washington D.C., Etats-Unis.
18. South African Roads Board: (1993). *Cost-Benefit Analysis Of Rural Road Projects: Program CB Roads*, User Manual version 4.1, South African Department of Transport, Chief Directorate: National Roads, Pretoria, Afrique du Sud.
19. Southern African Bitumen and Tar Association (SABITA) and Council for Scientific and Industrial Research (CSIR). (1989). *Economic Warrants for surfacing roads: Manual 7*. CSIR, Pretoria, Afrique du Sud.
20. Koch, J. A., F. Moavenzadeh et C.S. Chew (1979). *A Methodology for Evaluation of Rural Roads in the Context of Development*. In: Proceedings of Transportation Research Record 702; Low Volume Roads: Second International Conference, 1979. Transportation Research Board, Washington, D.C., Etats Unis.
21. Anderson, M. (1995). *Why Are Rural Roads So Important?* New World Transport '95 (Sterling Publications, Londres, Royaume Uni).
22. Gourley, C. S. et P. A. K. Greening (2001). *Cost-Effective Designs for Low-volume Sealed Roads in Tropical and Sub-Tropical Countries*. TRL Unpublished Report PR/OSC/167/99, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
23. Lionjanga, A. V. L. (1999). *Environmental Problems Facing Road Authorities in Africa*. PIARC XIX World Road Congress, Marrakech, Maroc, du 22 au 28 septembre, 1991.
24. Gourley, C. S. et P. A. K. Greening (1999). *Environmental Damage From Extraction Of Road Building Materials: Results And Recommendations From Studies In Southern Africa*. TRL Unpublished Report PR/OSC/169/99. TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
25. Tideman, J. (1990). *Environmental Impact Assessment: A Process for Effective Management of Resources*. Highway Engineering in Australia, Sydney, Australie, décembre 1990.
26. Norwegian Public Roads Administration. (1995). *Impact Assessment of Road Projects*. Norwegian Public Roads Administration, Oslo, Norvège.
27. Roads Department, Botswana (2001). *Planning and Environmental Impact Assessment of Road Infrastructure*. Guideline No.5. Roads Department, Ministry of Works, Transport and Communications, Gaborone, Botswana.

Bibliographie

- Austroroads (1994). *Environmental Strategy*: Austroroads Publication No. AP-27/94. Sydney, Australie.
- Austroroads (1995). *Strategy for Ecologically Sustainable Development*. Austroroads Publication No. AP-40/95. Sydney, Australie.
- Austroroads (2003). *Environmental Considerations for Planning and Design of Roads*. Austroroads Publication No. AP-R217, Sydney, Australie.
- Beenhakker, H. et A. Lago (1983): *Economic Appraisal of Rural Roads: Simplified Operational Procedures for Screening and Appraisal*. Staff Working Paper 610. World Bank, Washington, D.C., États-Unis.
- Creightney, C. D. (1993). *Transport and Economic Performance – A Survey of Developing Countries*. World Bank Technical Paper No. 232. Africa Technical Department Series. Washington, D.C., États-Unis.
- Crossley, P. et S. D. Ellis (1996). *A Handbook of Rural Transport Vehicles in Developing Countries*. Silsoe College, Cranfield, Royaume Uni.
- Devres Inc. (1980). *Socio-Economic and Environmental Impacts of Low Volume Roads: A Review of the Literature*. A.I.D. Program Evaluation Discussion Paper 7. Washington, D.C., États-Unis: Agency for International Development.
- Ellis, S. D. (1999). *Livelihoods of Poor People – What Contribution Can Transport Make?* Workshop Report 29. Department for International Development, Londres, Royaume Uni
- Fujimura, M. et J. Weiss (2000). *Integration Of Poverty Impact Economic Analysis: Issues In Theory And Practice*. EDRC Methodology Series Number 2, Asian Development Bank.
- Hine, J. L. et M. Cundill (1994). *Economic Assessment Of Road Projects: Do Our Current Procedures Tell Us What We Want To Know?* International workshop on Impact Evaluation and Analysis of Transport Projects in Developing Countries, Bombay, Inde, décembre 1994.
- Hine, J. L., P. R. Fouracre et M. Witkiss (2001). *Road Planning, Funding and Funds Allocation*. TRL Unpublished Report PR/INT/211/01, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- Howe, J. D. G. F. et P. Richards (1984). *Rural Roads and Poverty Alleviation*. Intermediate Technology Publications Ltd., Londres, Royaume Uni.
- Howe, J. D. G. F. (1997). *Rural Transport Projects: Concept Development, Justification and Appraisal*. Lecture Series at the World Bank, du 22 au 24 septembre, 1999, Washington, D.C., États Unis.
- Howe, J. D. G. F. (2001). *Socio-Economic Impact Of Rural Transport Interventions And Poverty Alleviation*. Rural Transport Knowledge Base, TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.

- Kumar, A. et P. Kumar (1999). *User-friendly Model for Planning Rural Roads*. Transportation Research Record 1652, Transportation Research Board, Washington, D.C., États-Unis.
- Little, I. M. D. et M. F. G. Scott (1976). *Using Shadow Prices*. Heinemann Educational Books, Londres, Royaume Uni.
- Malmberg-Calvo, C. (1997). *The Institutional and Financial Framework of Rural Transport Infrastructure*. SSATP Working Paper No. 17, Sub-Saharan African Transport Program. The World Bank, Washington D.C., États-Unis.
- McRobert, J., E. Styles, G. Giummarra, M. McArthur et G. Sheridan (2001). *Environmental Practices Manual for Rural Sealed and Unsealed Roads*. ARRB Transport Research Ltd., Melbourne, Australie.
- Overseas Development Administration (ODA). (1996): *The Manual of Environmental Appraisal*.
- Riverson, J. D. N., J. Gavira et S. Thriscutt. (1991). *Rural Roads in Sub-Saharan Africa – Lessons from World Bank Experience*. World Bank Technical Paper No. 141, Africa Technical Department Series. Washington, D.C., États-Unis.
- Stock, E. et J. de Veen (1996). *Expanding labour-based Methods for Road Works in Africa*. World Bank Technical Paper No. 347. Washington, D.C., États-Unis.
- Transport Research Laboratory (1988). *A Guide to Road Project Appraisal*. Overseas Road Note 5, TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- Tsunokawa, K. et C. Hoban (ed). (1997). *Roads and the Environment: A Handbook*. World Bank Technical Paper 376. Washington, D.C., États-Unis..
- The Institution of Civil Engineers, UK, (1982). *Highway Investment in Developing Countries*. Proceedings of the Conference 'Criteria for Planning Highway Investment in Developing Countries', Café Royal Conference Centre, Londres, Royaume Uni, du 17 au 18 mai 1982.
- World Bank. (1999). *Managing the Social Dimension of Transport. The Role of Social Assessment*. World Bank, Social Assessment Thematic Team, Washington, D.C., États-Unis.
- World Bank. (1997). *Roads and the Environment: A Handbook*. World Bank Technical Paper No. 376. Washington, D.C., États-Unis.

Chapitre 4



Conception Géométrique et la Sécurité

4

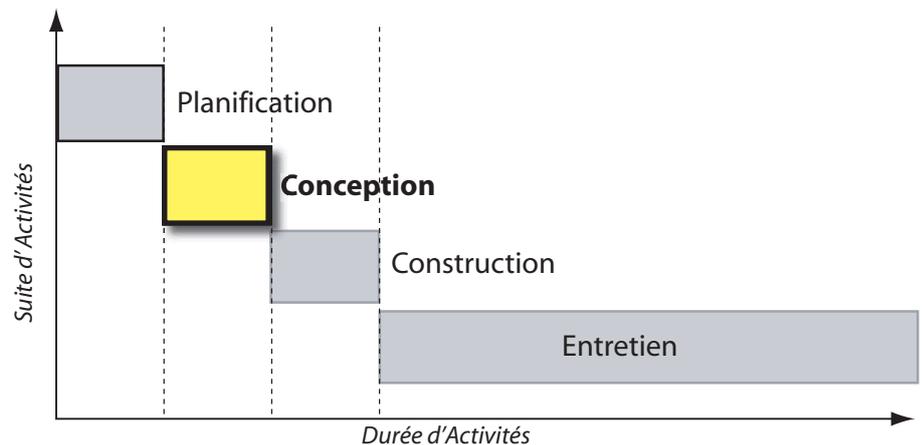
4.1	Introduction	4 - 1
4.1.1	Contexte	4 - 1
4.1.2	Terminologie basique.....	4 - 3
4.1.3	But et Portée du Chapitre	4 - 3
4.2	Philosophie de la Conception, les Normes et l'Approche..	4 - 4
4.2.1	Philosophie.....	4 - 4
4.2.2	Normes	4 - 4
4.2.3	Approche	4 - 5
4.3	Cadre et Processus de Conception	4 - 7
4.3.1	Cadre.....	4 - 7
4.3.2	Processus	4 - 7
4.3.3	Questions de la Sécurité	4 - 11
4.3.4	Directives/Manuels de Conception	4 - 15
4.4	Techniques, Contrôles et Eléments de Conception	4 - 17
4.4.1	Techniques	4 - 17
4.4.2	Contrôles	4 - 19
4.4.3	Eléments.....	4 - 24
4.5	Sécurité aux Bords de la Route, Enseignement et Exécution de la Loi	4 - 28
4.5.1	Sécurité aux bords de la route.....	4 - 28
4.5.2	Enseignement et Exécution de la Loi	4 - 31
4.6	Résumé	4 - 33
4.7	Références et Bibliographie	4 - 34

Conception Géométrique et la Sécurité

4

4.1 Introduction

4.1.1 Contexte



La conception géométrique est une des premières étapes du processus de dimensionnement des RRFVC et normalement se réalise après les étapes de planification et d'évaluation. Le résultat détermine les besoins de construction et influe sur les besoins d'entretien. Au cours du processus de dimensionnement, le dessin de la route dans le terrain est conçu de telle façon à satisfaire les besoins spécifiques des usagers des routes. Ceci implique la sélection des largeurs convenables et des tracés en plan et de profil en long, conformément aux normes convenablement prescrites, qui envisagent:

- Les niveaux minimaux de sécurité et de confort pour les conducteurs
- Un cadre de dimensionnement économique
- La cohérence du tracé.

Les normes de dimensionnement devraient prendre en compte l'environnement routier, les conditions routières, les caractéristiques du trafic et le comportement des conducteurs. Ainsi la conception vise à mettre à disposition une route dont le tracé et le profil en travers ne sont pas seulement le mieux compromis entre l'efficacité de l'exploitation, la sécurité et l'économie, mais minimisent aussi tout impact environnemental et social/culturel. Ceci exige une connaissance profonde de l'environnement local routier qui touche tout aspect du processus de dimensionnement.

Ce n'était qu'en 2001 qu'AASHTO publia ses "Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Roads (ADT≤400)" ("Directives pour la Conception Géométrique des Routes à très faibles Volumes de Circulation (TMJ 400"), en reconnaissance du fait que ".... de très faibles volumes de circulation rendent moins coût-efficaces les dimensionnements généralement utilisés pour des routes à plus forts volumes de circulation". Avant cela, sa "Policy on Geometric Design of Rural Highways – 1965 Edition" ("Politique sur la Conception Géométrique des Chaussées Rurales – Edition 1965"), qui ne pouvait pas spécifiquement à des routes à faibles volumes de circulation, était la norme de facto utilisée dans la plupart des pays de la CDAA !



Les taux d'accidents dans la région de la CDAA sont de l'ordre de 30-50 fois plus élevés que ceux de l'Europe ou des Etats-Unis.



L'érosion sévère des talus des remblais, qui peut aboutir au colmatage des ruisseaux et des rivières.

Conception géométrique

La conception géométrique des RRFVC présente un défi unique puisque les niveaux relativement bas rendent moins coût-efficaces les conceptions normalement utilisées pour des routes à de plus forts volumes de circulation. Malheureusement, on n'a jamais développé des normes de dimensionnement des RRFVC pour la région de la CDAA. Faute de telles normes, il y a eu une tendance d'employer des normes nationales qui sont basées sur celles développées dans les pays industrialisés, telles que la *Policy on Geometric Design of Rural Highways (La politique de la conception géométrique des chaussées rurales)* d'AASHTO.¹

Les normes importées tendent à pourvoir à des niveaux relativement élevés de circulation et donnent corps à des niveaux relativement élevés de service, dont le résultat est qu'elles sont souvent inappropriées pour l'application aux RRFVC. De plus, elles prennent à peine compte de l'emploi de méthodes de construction à fort coefficient de main-d'œuvre qui peuvent influencer sur le processus de dimensionnement (ref. Cadre 4.1). Il en résulte que les RRFVC sont souvent dimensionnées d'une manière qui ne prend pas en compte les caractéristiques socio-économiques et d'autres caractéristiques de l'environnement routier local.

Sécurité Routière

Beaucoup d'aspects du processus de la conception géométrique sont touchés par l'environnement routier qui, à son tour, peut influencer sur le niveau de la sécurité routière fournie aux usagers des routes. L'expérience a montré que l'adoption simple des normes "internationales" de dimensionnement des pays développés ne résultera forcément en des niveaux de sécurité qui ont été réalisés dans ces pays-là, puisqu'ils sont souvent accompagnés de l'exécution effective de la loi, de la formation de conducteurs et de la publicité – des influences qui souvent ne fonctionnent pas si efficacement dans la région de la CDAA.

Aussi des opérations affectant la circulation routière tendent à être complexes et souvent impliquent un mélange de véhicules motorisés, de bicyclettes, de véhicules attelés d'animaux et de piétons. Une grande partie de la composition du trafic est dominée par des véhicules relativement âgés, lents et surchargés, et les niveaux de formation de conducteurs et de contrôle d'usagers des routes sont souvent bas. Dans un tel environnement, la sécurité de la circulation assume une importance capitale – un aspect de conception géométrique qui fréquemment n'est pas suffisamment abordé aux différentes étapes de la planification, du dimensionnement et de la construction des RRFVC.

Questions environnementales

Beaucoup d'aspects du processus de la conception géométrique ont aussi un impact potentiel sur les environnements physiques et sociaux/culturels, surtout là où le tracé traverse les endroits urbanisés et où d'érosion sévère est plus que probable. Malheureusement, souvent les différentes mesures pratiques pour la minimisation des impacts environnementaux ne sont pas comprises ou sont abordées de façon inadéquate.

Basé sur le précédent, il est évident que l'application des normes et de la pratique de dimensionnement existantes est généralement inappropriée pour la région de la CDAA. Il y a donc besoin d'adapter ces normes afin de fournir des niveaux acceptables de service, de sécurité et d'uniformité consistant avec les types de trafic généralement rencontrés sur les RRFVC. Cette adaptation devrait être basée sur la connaissance et l'expérience locales et sur les conditions et les critères au sein du processus de dimensionnement qui devrait être souple et avoir multiples aspects, de l'étude de faisabilité jusqu'à la fin du cycle de durée de vie.

4.1.2 Terminologie basique

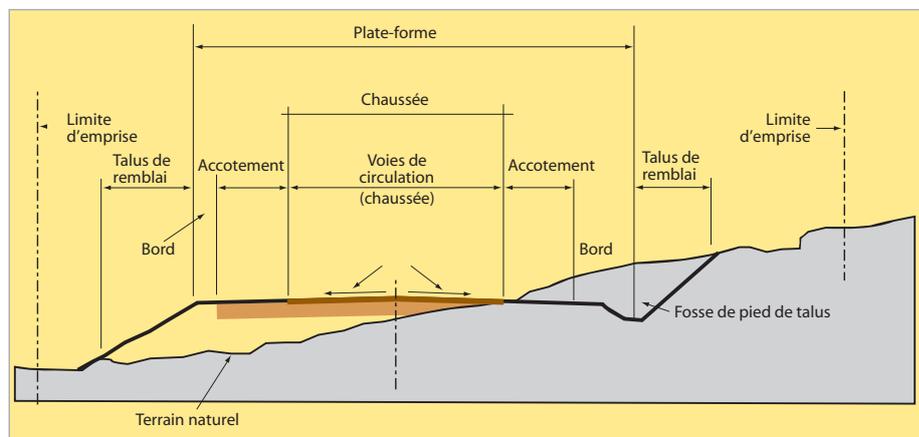


Figure 4.1 - Eléments d'un profil typique en travers (d'après Austroads²)

4.1.3 But et Portée du Chapitre

Le but principal de ce chapitre est d'augmenter la conscience des recommandations très différentes contenues dans les différents guides de dimensionnement ou dans des manuels ayant rapport aux RRFVC. Il souligne les nombreuses faiblesses inhérentes dans les approches traditionnelles à la conception géométrique qui ont été importées et utilisées sans l'adaptation appropriée aux caractéristiques spécifiques de l'environnement des RRFVC. Un accent particulier est placé sur le besoin de l'incorporation des aspects appropriés de la sécurité routière dans le processus de dimensionnement.

L'approche adoptée n'est pas normative et elle n'est pas destinée à être un manuel détaillé de conception qui pourrait supplanter le besoin de la mise en application de principes sains par le concepteur professionnel savant. Elle souligne plutôt le besoin de prendre en considération la base sur laquelle les différents paramètres de conception sont choisis par rapport aux spécifiques de l'environnement routier total de la région de la CDAA.

4.2 Philosophie de la Conception, les Normes et l'Approche

4.2.1 Philosophie

La philosophie incorporée dans la conception géométrique d'une route est liée à des facteurs tels que la prospérité économique d'un pays, le stade de développement du réseau routier et les caractéristiques uniques de l'environnement routier dans lequel la route fonctionne. Normalement elle s'évalue de l'évaluation analytique et de l'expérience des conditions locales et souvent reflète les environnements physiques et économiques du projet routier lui-même. Ainsi on pourrait s'attendre que la philosophie de la conception géométrique varie entre les pays industrialisés et ceux en voie de développement.



Terrain plat avec peu de contrainte sur les normes géométriques.



Terrain accidenté avec des contraintes sur les normes géométriques.

La fonctionnalité et les caractéristiques du réseau routier dans la région de la CDAA diffèrent complètement de ceux des pays industrialisés. Non seulement sont les niveaux de circulation relativement bas, mais la mélange de circulation est complexe, comprenant d'un mélange de trafic motorisé et non motorisé. La proportion des véhicules commerciaux et les nombres de piétons près des zones peri-urbaines sont aussi relativement élevés. Ceci indique clairement qu'il y a besoin de développer une philosophie de conception et des normes liées qui sont appropriées à l'environnement socio-économique de la région. Ainsi on pourrait s'attendre qu'une telle philosophie différerait sensiblement de celle-là renfermée dans des manuels de conception géométrique développées dans des pays industrialisés, qui souvent constituent la base de conception géométrique dans la région. Ces manuels généralement pourvoient à des volumes de circulation plus élevés, le besoin plus grand d'accessibilité de toute saison et pourvoient à l'efficacité opérationnelle du trafic utilisant le réseau – des exigences qui sont évidemment moins appropriées pour la région.

4.2.2 Normes

Les normes de la conception géométrique fournissent la liaison entre les coûts de construction et de l'entretien ultérieur de la route et les coûts de son exploitation par les usagers. Généralement, plus élevée la norme géométrique plus élevé sera le coût de construction et plus bas seront les coûts des usagers des routes. L'objectif est de sélectionner les normes de conception qui minimisent les coûts globaux de transport. Ainsi les caractéristiques du niveau relativement bas du trafic sur les RRFVC impliquent la planification des améliorations routières conformément aux normes pratiques les plus basses possibles (sans réduire à l'excès les exigences de sécurité), si les coûts devaient être justifiés par les avantages réalisés.

Malheureusement, aucun pays de la CDAA n'a des normes qui sont basées sur des recherches faites dans leurs pays sur les facteurs économiques et de la sécurité. Les normes qui existent diffèrent considérablement et reflètent soit la pratique des pays développés auxquels les pays de la CDAA étaient associés autrefois, soit les préférences des experts-conseils qui avaient travaillé dans ces pays-là. Beaucoup de ces normes sont la translation directe de l'usage d'outremer, quelquefois avec des modifications pour compenser les différences opérationnelles locales et les défauts locaux, fréquemment sans une évaluation complète des conséquences.

En vue des circonstances susmentionnées, jusqu'au développement des normes pour les RRFVC, le défi est de mettre en application des conceptions et normes actuelles de façon souple afin de les faire correspondre aux paramètres pertinents à l'environnement local et de réaliser une conception économique saine.

Les RRFVC, plus que les autres genres de route, exigent une étude détaillée des options de dimensionnement basée sur la disponibilité de données suffisantes afin de permettre la sélection appropriée des normes géométriques et ne devraient pas être dimensionnées selon des directives et normes rigides élaborées a priori, fréquemment dans des environnements très différents de ceux répandus dans la région de la CDAA.

Sélection de Normes

La sélection des normes de conception géométriques est liée à la fonction d'une route. Dans une région en voie de développement, telle que celle de la CDAA, il y a généralement trois étapes de développement d'un réseau routier, comme suit:

- Etape 1 – Mise à disposition d'un accès
- Etape 2 – Amélioration de la capacité existante
- Etape 3 – Amélioration de l'efficacité opérationnelle.

Au sein des réseaux routiers les RRFVC généralement remplissent une fonction aux Etapes 1 ou 2 de la séquence ci-dessus. Ainsi, la philosophie du dimensionnement routier et les normes devraient refléter les exigences particulières de ces routes et leurs caractéristiques particulières. A cet égard, on pourrait donner des arguments en faveur de "l'assouplissement" des normes traditionnelles, puisque - si on les met en application de façon judicieuse - elles peuvent aboutir à des économies importantes des coûts de construction, avec peu de risque supplémentaire d'un accroissement du nombre d'accidents. Tels assouplissements, ou l'abaissement local des normes, peuvent être réalisés dans le contexte de "Domaine de Conception", un concept relativement récent de conception géométrique, qui est décrit dans la Section 4.3.2.

4.2.3 Approche

Le placement financier dans l'infrastructure routière représente une grande partie de tous les placements dans les programmes nationaux de développement. Il est donc plus important d'assurer que les fonds peu abondants seraient utilisés le plus avantageusement possible. Les coûts de construction par kilomètre ont tendance d'augmenter avec la prise en considération de chaque critère de dimensionnement routier. Comme affaire de politique, il est donc nécessaire d'assurer qu'on adopte une approche à la conception géométrique qui est appropriée aux conditions socio-économiques qui dominent. Ceci peut impliquer la prise en considération des approches à la conception en faveur de la technologie comprenant uniquement la main-d'œuvre plutôt qu'une technologie de construction complètement mécanisée.

Cadre 4.1 - Des méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre et la conception géométrique³

Dans une économie où il se trouve beaucoup de main-d'œuvre, il est souvent avantageux de se servir de méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre plutôt que des méthodes mécanisées. Dans une telle situation, le choix de la technologie peut être une majeure contrainte ou un majeur facilitateur qui affecte la conception. Là où l'emploi de la technologie basée sur le fort coefficient de main-d'œuvre est pris en considération au cours du stade de conception géométrique, elle peut aboutir aux conséquences suivantes:

- Les normes géométriques qui sont réalisables seront gravement affectées, surtout dans le terrain onduleux, accidenté ou montagneux
- Les distances économiques de camionnage seront limitées à celles réalisables avec des brouettes
- L'équilibre remblai-déblai devra être réalisé par la distribution transverse des travaux de terrassement plutôt que par la distribution longitudinale
- Les déclivités maximums devront suivre les déclivités naturelles du terrain
- Les tracés en plan devront être moins directs
- Les déblais et remblais maximums devront être bas.

Le contraire des facteurs ci-dessus est valable pour la technologie à fort coefficient de mécanisation. Ainsi, à l'étape de planification géométrique, il faut prendre en considération le genre de la technologie à employer dans la construction routière et son impact sur l'approche à la conception géométrique.

Les aspects suivants de la conception géométrique exigent la considération spéciale du point de vue politique, puisqu'ils ont un rapport crucial avec les coûts de durée de vie de la mise à disposition d'une RRFVC.

- Normes de conception
 - vitesse de référence
 - dimensions du profil en travers
 - mesures de sécurité
 - déclivité maximum
 - courbure horizontale.

En fin de compte, la grande variété de conditions topographiques, climatiques, économiques et sociales déterminera la géométrie routière appropriée à une situation spécifique. Le but devrait être l'établissement d'un réseau basique des RRFVC en distribuant les ressources peu abondantes de telle façon d'embrasser plusieurs projets routiers plutôt qu'en construisant un nombre limité de routes à une norme plus élevée. De cette manière, les fonds non dépensés résultant de l'emploi des méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre pourraient être utilisés pour d'autres projets qui produiraient la plus favorable rentabilité du placement.

Une conception coût-efficace peut être réalisée en identifiant les zones où les normes routières pourraient être faites plus souples et plus responsives aux changements environnementaux en rapport avec la connaissance, l'expérience, les conditions socio-économiques locales et les critères établis.

4.3 Cadre et Processus de Conception

4.3.1 Cadre



Les RRFVC remplissent une variété de fonctions au sein de différents environnements opérationnels. Ainsi, les conceptions doivent pourvoir à une gamme de situations différentes, dans lesquelles tous les éléments s’influencent mutuellement, qui affectent le processus de conception, devraient être pris en considération.

Afin de faciliter la définition des situations qui sont appropriées à la mise en application d’une conception particulière, il est convenable de les grouper dans un cadre de conception, comme indiqué dans le Tableau 4.1.

Tableau 4.1 - Cadre de Conception

Élément	Gamme	Influence sur la Conception
Genre de Projet	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nouveau ▪ Existant 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Souplesse accrue de choix, mais il y a peu de nouveaux projets ▪ L’accent est sur les projets d’amélioration/reconstruction, qui met des contraintes sur le choix chez le concepteur ▪ Le choix du concepteur est souvent limité par la nature des développements existants et par l’environnement au bord de la route.
Nature de la région	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Urbaine ▪ Peri-urbaine ▪ Rurale 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Une large gamme de caractéristiques opérationnelles, de contraintes et de configurations, qui varient considérablement en fonction de: <ul style="list-style-type: none"> - Gamme de fonctions - Volumes, vitesses et mélange du trafic - Activités des piétons ▪ Le besoin de produire des conceptions appropriées correspondantes.
Classement fonctionnel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Primaire ▪ Secondaire ▪ Tertiaire/desserte 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifie l’importance relative des fonctions de mobilité et d’accès de la route ▪ Prescrit les normes minimums liées.
Nature de terrain	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plat ▪ Onduleux ▪ Montagneux 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Influe sur le choix de tracé, des vitesses de référence/d’exploitation et des normes ▪ A un impact sur les besoins en drainage et en entretien aussi bien que sur l’environnement.
Vitesse de référence/d’exploitation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Basse ▪ Moyenne ▪ Elevée 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Employé pour la corrélation de différentes caractéristiques de la conception ▪ En fin de compte, détermine les coûts de construction, d’entretien et des usagers des routes.
Volumes, genre et mélange du trafic	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bas ▪ Moyens ▪ Elevés 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fournit la base fondamentale de la conception ▪ Comprend tant le trafic motorisé que le trafic non motorisé.



Des obstacles physiques dans le terrain peuvent limiter les options de conception.

Les projets RRFVC consisteront, principalement, en l’amélioration des routes en gravier existantes à un niveau bitumé. Il arrivera souvent que la liberté de choix du concepteur soit limitée par des développements, y compris des développements urbains linéaires, près de la route à améliorer. Ainsi, il se peut que l’adhérence rigide aux normes ne soit pas toujours possible et qu’il faille incorporer de la souplesse dans le processus par l’adoption de techniques souples de conception.

4.3.2 Processus

Le procédé de la conception géométrique comprend de différentes étapes au sein desquelles le produit final est graduellement développé. Le processus est itératif. Il faut entreprendre un nombre d’études et d’évaluations; des questions devront être posées et des décisions devront être prises au cours des étapes préliminaires qui puissent être re-évaluées plus tard, jusqu’à ce que des résultats satisfaisants soient produits. Le processus de conception est schématisé dans la Figure 4.2.

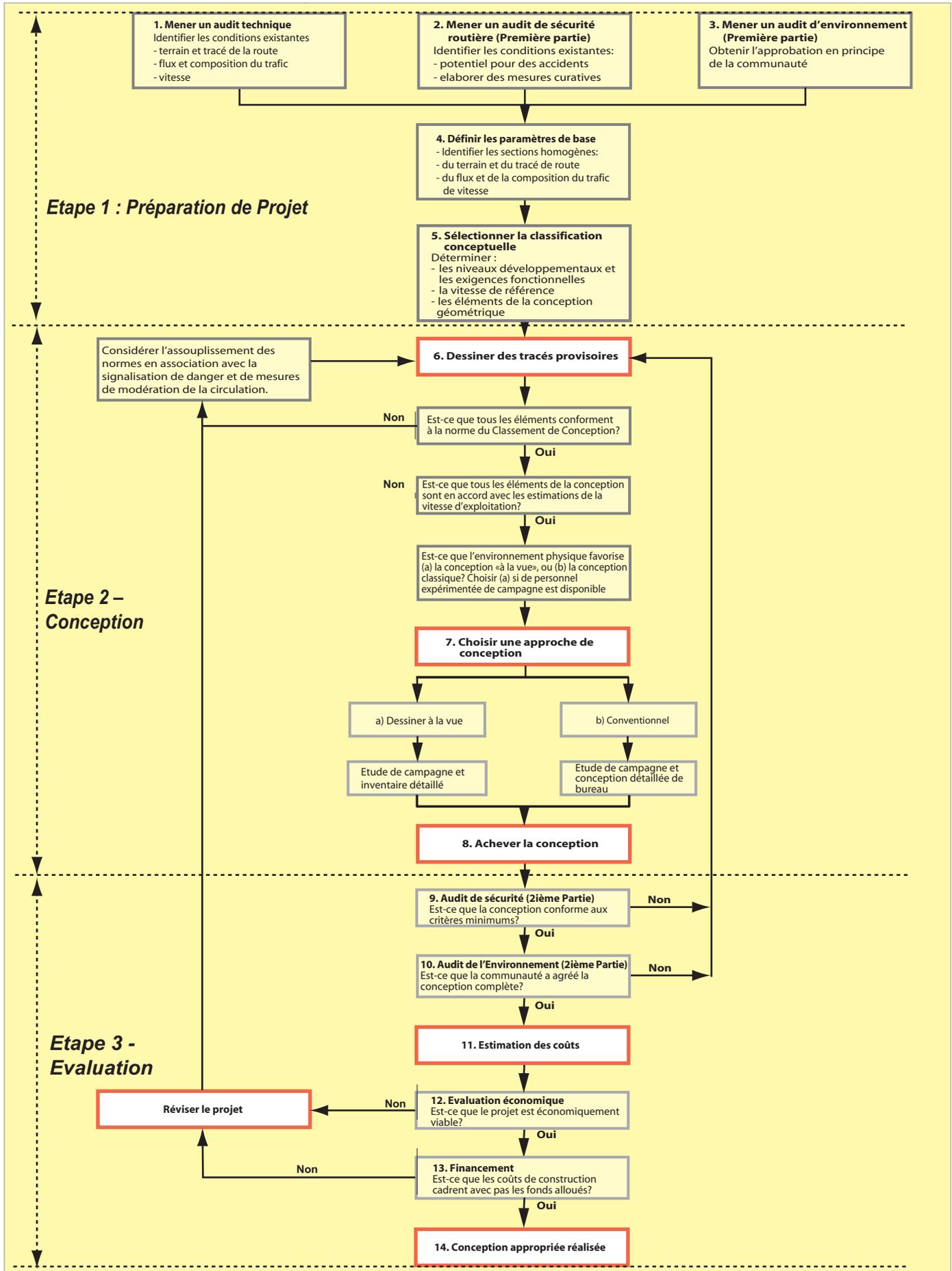


Figure 4.2 - Le processus de conception géométrique

Le processus de conception peut se décomposer en trois phases comme suit:

- Préparation du projet
- Conception
- Evaluation.

A. Etape 1 - Préparation du projet

La phase de préparation du projet incorpore un nombre de concepts qui ordinairement ne sont pas pris en considération dans les manuels conventionnels de conception. Ils comprennent la concentration sur les aspects de planification du processus de la conception géométrique dans laquelle il y a:

- Un accent primaire et fondamental sur la sécurité routière
- La participation continue du public dans toutes les étapes du processus de conception.

Les activités principales entreprises au cours de la phase de préparation du projet comprennent:

(1) *Audit technique:* Une des premières tâches à accomplir est l'audit technique du projet. Ceci implique la collecte d'information concernant les facteurs tels que le terrain, le tracé de la route, le flux et la composition du trafic, la vitesse globale et les vitesses dans des sections individuelles, l'occupation des sols et des espaces bâtis, y compris les écoles et les hôpitaux. Des comptages et des prévisions de trafic devraient également être faits. Les résultats de l'audit technique fournissent les données d'entrée de la phase suivante – la définition des paramètres de base.

(2) *Audit de la Sécurité Routière (1):* Le stade préliminaire de conception de l'audit implique l'étude de tous les facteurs qui peuvent avoir un impact défavorable sur la sécurité de la conception, y compris des facteurs tels que des "points noirs" d'accidents et le potentiel d'accidents par rapport à l'amélioration de la route évaluée, pour qu'on puisse inclure cette information dans la conception subséquente.

(3) *Audit d'Environnement (1):* Il faut consulter la communauté et susciter sa participation dès les premières étapes du processus de conception. Ceci est nécessaire afin d'assurer que ses opinions seraient conciliées là où il est approprié et que ses priorités sont pris en compte dans la conception finale.

(4) *Définition des paramètres fondamentaux:* La tâche principale est d'identifier et de diviser le projet en des sections homogènes, ayant des conditions et caractéristiques semblables, telles que le terrain, le tracé, le trafic, la vitesse, l'occupation des sols et le développement. Cette information sera la base pour la sélection de catégorie de conception.

(5) *Sélectionner la Catégorie de Conception:* La sélection de la vitesse de référence et des éléments géométriques est basée sur le potentiel de développement et sur les exigences fonctionnelles de la route. La catégorie de conception pour chaque section homogène de la route, en fonction du terrain, du tracé de la route, du trafic et des vitesses, peut donc être déterminée comme la base de sélection des différents éléments de la conception.

B. Etape 2: Conception

(6) *Tracé Provisoire de Conception:* Les tracés provisoires confirmeront si la norme prévue puisse être introduite, par exemple, si les éléments de conception conforment à la norme et sont en accord avec la vitesse anticipée d'exploitation. Le non-respect des conditions prescrites aboutira à la nécessité de mener de nouveaux essais avec des données modifiées d'entrée. Ces essais peuvent inclure l'assouplissement des normes, consistant à des mesures telles qu'une vitesse plus basse de référence, en combinaison avec de signalisation ou des mesures appropriées de modération de trafic.

(7) **Décider sur l'approche de conception:** L'approche de conception dépendra de la topographie, des dispositions institutionnelles, de la disponibilité du personnel de campagne convenablement qualifié et expérimenté etc. La sélection de l'approche de conception est aussi influencée par le genre du projet en fonction du besoin de l'amélioration d'une facilité existante ou de la mise à disposition d'une nouvelle facilité. Les exigences des enquêtes de campagne et des études dépendront également du genre du projet.

(8) **Achever la Conception:** L'achèvement de la conception termine l'Étape 2: Conception, et est suivi par l'étape ultérieure – Étape 3: Évaluation. Cette étape comprend le suivi d'un nombre d'audits et évaluations liés à la sécurité, aux considérations sociales, aux coûts, ainsi qu'aux aspects économiques et au financement qui furent considérés au cours de la phase de préparation du projet.

Étape 3: Évaluation

(9) **Audit de la Sécurité Routière (2):** Les caractéristiques de la conception sont examinées du point de vue de la sécurité routière. Des mesures curatives sont proposées afin de pourvoir à des faiblesses éventuelles de la conception. Si la conception est telle que des mesures curatives simples ne sont pas adéquates pour rectifier les faiblesses, la conception devra être révisée et de nouveaux tracés d'essai réalisés. Ce procédé itératif sera répété jusqu'au point que la conception est acceptable de la perspective de sécurité routière.

(10) **Audit d'environnement (2):** La participation du public devrait continuer après l'achèvement de la conception détaillée. S'il se trouve nécessaire, les modifications ou les rajustements de la conception résultant des consultations avec les communautés devront être entrepris afin d'assurer que le projet final conforme aux exigences locales.

(11) **Estimation des Coûts:** Les estimations des coûts devraient être faites aux différentes étapes du processus de conception puisqu'elles puissent influencer sur la portée du projet et sur les décisions concernant les contrôles et éléments de la conception. Une estimation détaillée des coûts sera nécessaire à l'étape finale de la conception afin de permettre la réalisation d'une évaluation économique du projet.

(12) **Évaluation économique:** Des analyses de rentabilité, comme décrites dans le Chapitre 3, devraient être faites afin de permettre l'évaluation de la viabilité du projet. S'il arrive que le projet ne soit pas viable en termes des critères prescrits, il se peut que le projet doive être modifié. Les modifications nécessaires peuvent comprendre l'assouplissement des normes de conception, la construction progressive ou d'autres facteurs qui aboutiront à la diminution des coûts ou à l'accroissement des avantages.

(13) **Financement:** Le financement adéquat du projet, tant en termes des coûts de construction que des coûts de l'entretien futur, devrait être obtenu avant la mise en application du projet, sinon la durabilité du projet pourrait être compromise. Si ce financement n'est pas disponible, il peut être préférable que l'on diffère sa mise en application jusqu'à l'obtention des fonds nécessaires.

(14) **Achèvement de la Conception Appropriée:** Si les tâches exposées dans l'organigramme et dans la discussion ci-dessus sont réalisées d'une manière méthodique, le résultat final devrait être une conception géométrique appropriée.

Dans l'année 1990 des accidents routiers étaient classés comme la neuvième des dix causes principales dans le monde de morts et d'incapacité. D'ici à 2020 il est prédit qu'ils seront classés comme la troisième.

Harvard School of Public Health Projections.



Des panneaux non conventionnels sont souvent utilisés pour mettre les voyageurs en garde contre les dangers de surcharge et d'excès de vitesse.



Un panneau routier mal entretenu peut être à l'origine d'accidents routiers.

4.3.3 Questions de Sécurité

L'importance de la sécurité

Des études faites par des organismes internationaux montrent que la situation de sécurité dans tout le continent de l'Afrique, y compris la région de la CDAA, est une des plus pires du monde⁴. Les taux d'accidents mortels, par rapport aux parcs de véhicules, sont 30 - 40 fois plus élevés que ceux des pays industriels. En effet, dans plusieurs pays de l'Afrique, il est cent fois plus probable qu'un véhicule sera impliqué dans un accident mortel qu'en Europe ou aux Etats-Unis.

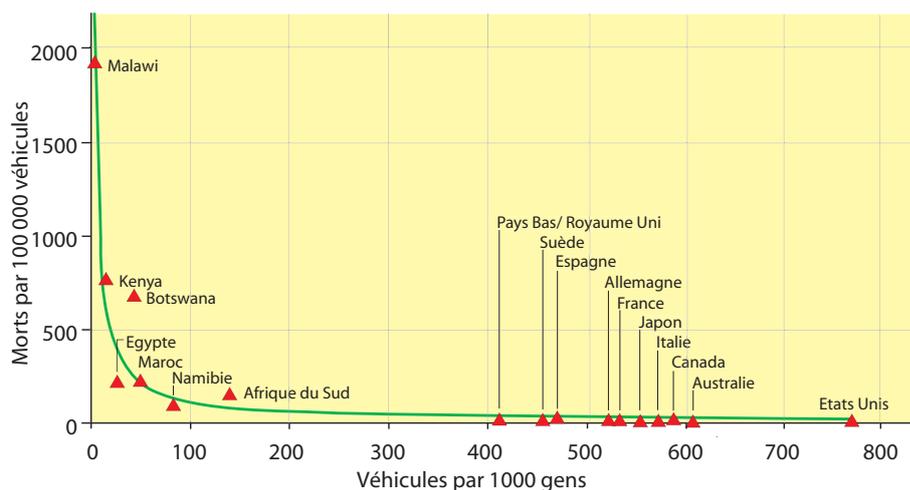


Figure 4.3 - Comparaison internationale des morts dans des pays sélectionnés⁴

A cause des implications importantes des coûts sur les économies de ces pays – de l'ordre de 1 ou 2 pour cent du Produit National Brut (PNB) – la sécurité routière est devenue une question de la plus haute importance dans tout aspect de la mise à disposition des routes.

De sa nature, la sécurité routière est multidimensionnelle et ne peut pas être abordée dans l'isolement de la conception géométrique. Comme illustré dans la Figure 4.4, les différents éléments du système routier, tels que la géométrie et l'état de la chaussée et les conditions d'exploitation, telles que la vitesse d'exploitation, influent sur la sécurité routière.

LE SYSTEME ROUTIER

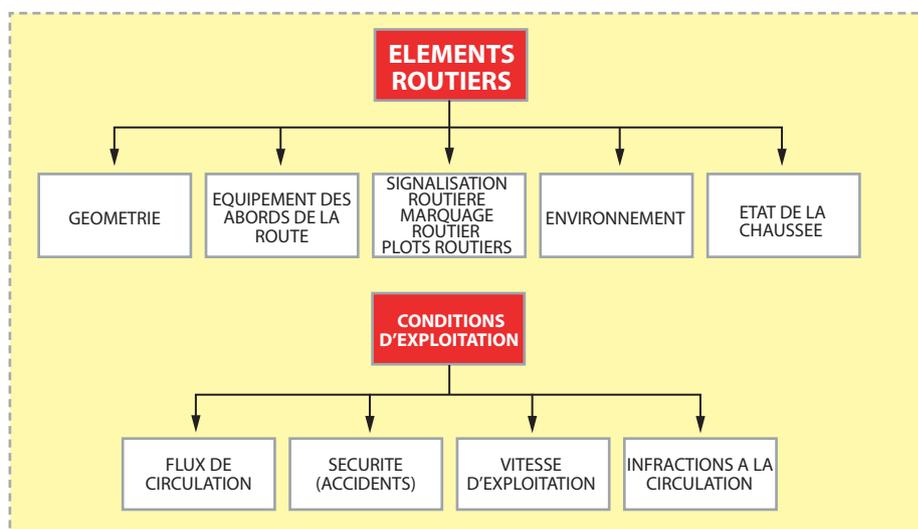


Figure 4.4 - Eléments du système routier et des conditions d'exploitation



Limite de vitesse peinte sur la route.

Par exemple, comme la Figure 4.5 montre, la surcharge a une influence importante sur l'état de la chaussée et sur sa détérioration et est influencée par la surveillance de police. La surcharge et l'excès de vitesse sont également influencés par la géométrie de la route et par la surveillance de police. La surcharge et l'excès de vitesse, tous les deux, à leur tour, ont une influence sur la sécurité en termes d'accidents.

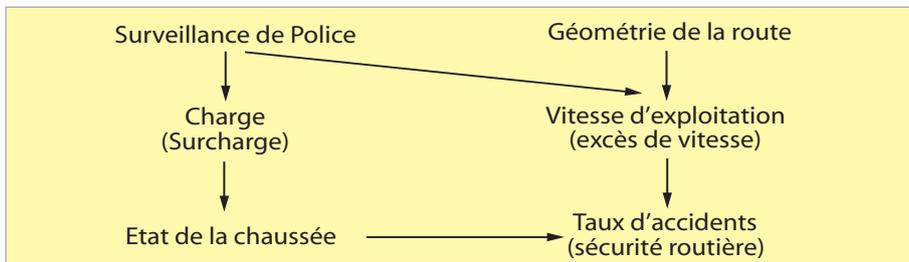


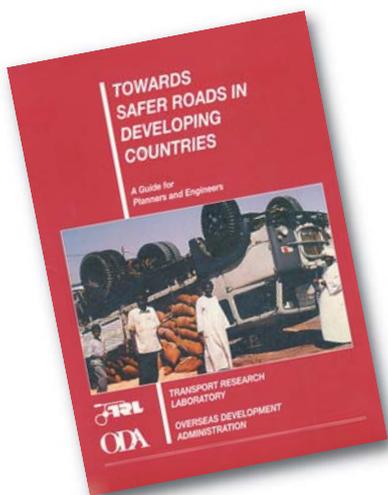
Figure 4.5 - Un exemple des relations mutuelles entre les éléments routiers et les conditions d'exploitation

Ainsi, bien que l'importance de concevoir pour la sécurité soit largement reconnue, le processus même d'identifier les caractéristiques-clé de conception et de résoudre le conflit entre la sécurité et d'autres considérations est complexe et exige d'être abordé d'une manière holistique.

La Nature des Accidents

L'affrontement du défi posé par la sécurité exige la mise en application de stratégies proactives qui traitent les causes fondamentales et les niveaux de sévérité avant qu'ils se produisent. A cette fin, des conseils valables sur la prévention d'accidents sont contenus dans un nombre de documents, y compris en particulier, la guide du TRL intitulé *Towards Safer Roads in Developing Countries*⁵ ("Pour des Routes plus Sûres dans les Pays en Voie de Développement").

Comme illustré dans la Figure 4.6, les accidents sont multi causaux de nature, impliquant des facteurs humains, l'environnement routier et des facteurs véhiculaires. Ils sont plus souvent occasionnés par la combinaison de ces facteurs, avec les facteurs humains contribuant un pourcentage estimé à 95 pour cent de tous les accidents, l'environnement routier 28 pour cent et les véhicules "seulement" 8 pour cent. Ainsi, bien qu'elles ne soient pas la cause dominante d'accidents routiers, il est important qu'on n'introduise pas des caractéristiques dans la conception routière qui pourrait aboutir à des impacts négatifs supplémentaires sur la sécurité routière.



Le document ci-dessus fournit des conseils pratiques sur comment faire les routes plus sûres, en soulignant les facteurs-clé liés à la sécurité, qui devraient être incorporés lorsqu'on planifie, conçoit et exploite les réseaux routiers.



Boire et conduire sont une cause courante d'accidents dans la région de la CDA.

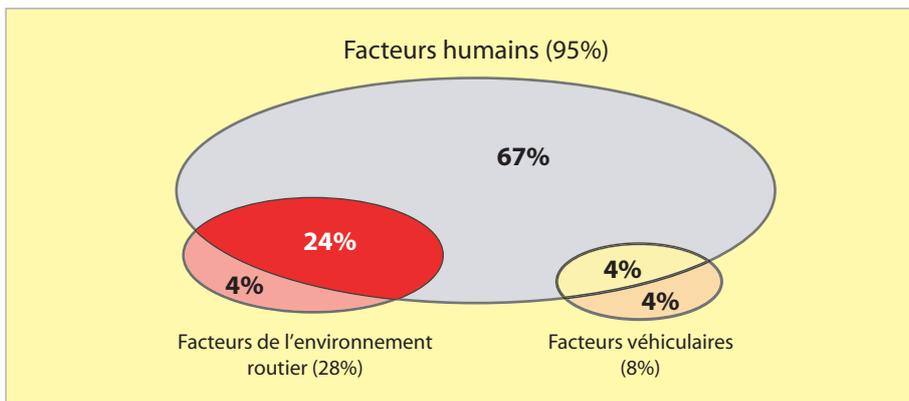


Figure 4.6 - Facteurs contribuant aux accidents routiers⁶

L'influence de la Conception

Presque tous les éléments de la conception géométrique influent sur la sécurité routière en :

- Influant sur la capacité du conducteur de manœuvrer son véhicule
- Influant sur les opportunités de conflit (et d'accidents) qui existent avec d'autres usagers des routes
- Influant sur le résultat d'un véhicule dont le conducteur a perdu le contrôle
- Touchant le comportement et l'attention d'un conducteur.

Ainsi, en incorporant des sains principes de conception dès le début du processus de conception, il est possible d'éviter beaucoup de problèmes simplement par la planification et la conception de nouvelles routes ou par l'amélioration des routes existantes en prenant en compte la sécurité. *De plus, il est souvent possible de réaliser des améliorations importantes de sécurité routière à presque point de coûts supplémentaires, à condition que les implications des caractéristiques de la conception pour la sécurité routière soient prises en considération à l'étape de conception. Malheureusement, les ingénieurs des bureaux d'études sont souvent une partie du problème et leur manque à la prise en compte adéquate de l'usage d'exploitation des routes souvent aboutira à des vitesses augmentées et à des taux plus élevés de morts lorsque les communautés sont traversées par ces routes.*

Il y a un nombre d'outils dont on peut se servir pour faciliter ce processus, tels que les Audits de Sécurité Routière, qui sont discutés ci-dessous.

Des revues de projets routiers dans beaucoup de pays en voie de développement dévoilent un catalogue déprimant de conceptions routières dangereuses et maladroites et qui, bien qu'elles conforment aux normes de conception de chaussées, restent dangereuses à cause des caractéristiques particulières du trafic exploitant la route, et de "l'environnement d'exploitation" dans lequel la route fonctionnera⁴.



Les conceptions devraient pouvoir à des genres différents d'usagers des routes.

Cadre 4.2 - Principes-clé de conception des routes plus sûres

L'observation de différents principes-clé de conception peut aboutir à une amélioration importante de la sécurité des RRFVC. Ces principes-clé sont résumés ci-dessous :

- **La conception pour tout usager de la route**
 - Comprend des véhicules non motorisés, des piétons etc.
 - A des implications pour presque tout aspect de la conception routière, y compris la largeur de la chaussée, le dimensionnement des accotements, des talus de remblai et les drains latéraux.
- **Fourniture d'un message clair et cohérent au conducteur**
 - Les conducteurs devraient être en position de "lire" et comprendre facilement les routes, et les routes ne devraient pas leur faire des surprises subites.
- **Encouragement de vitesses appropriées et de comportement approprié par la conception**
 - Les vitesses de la circulation peuvent être influencées, en changeant "l'aspect" de la route, par exemple, en fournissant des indications visuelles claires, telles que par le changement du revêtement des accotements ou par l'installation de signalisation en vue.
- **Réduction de conflits**
 - On ne peut pas les éliminer totalement, mais ils peuvent être réduits par la conception, par ex., en décalant les carrefours ou par l'installation de glissières de sécurité pour canaliser les piétons à des traversées plus sûres.
- **Création d'un environnement plus "indulgent" qui :**
 - "Pardonne" les fautes d'un conducteur ou des pannes de véhicule, au degré que c'est possible, sans augmentation importante des coûts
 - Assure que des demandes excessives, qui dépassent sa capacité d'en faire face, ne sont pas imposées sur le conducteur.

Malgré l'adhésion à des différents principes-clé de conception des routes plus sûres, très peu de mesures de l'ingénieur peuvent se faire observer à soi tout seul. Elles normalement exigent d'autres mesures de contrôle et de facilitation, telles que l'imposition et la formation, si elles doivent être effectives (Voir la Section 4.5).

Audits de Sécurité Routière

La sécurité devrait recevoir d'attention spéciale à toute étape du processus de conception. Un moyen effectif d'atteindre ce but-là est l'emploi d'un audit de sécurité routière. Ceci peut être défini comme "... *Un examen formalisé d'un projet existant ou futur de route ou de trafic ou tout projet qui s'influence mutuellement avec des usagers des routes, au cours duquel un examinateur qualifié indépendant fait un rapport sur le potentiel d'accidents du projet et de performances en matière de sécurité*".⁶

Les objectifs d'un audit de sécurité routière sont:

- d'identifier et rapporter sur le potentiel d'accidents et sur les problèmes de sécurité d'un projet routier
- d'assurer que les éléments routiers ayant le potentiel d'accidents sont éliminés ou améliorés
- d'assurer que des mesures sont mises en application afin de réduire des risques d'accident.

Comme la Figure 4.7 montre, un audit de sécurité est un processus itératif et devrait être fait à toute étape d'un projet routier, à partir de la conception préliminaire, par la conception détaillée jusqu'à la pré-ouverture. Il fournit l'opportunité, surtout au cours des étapes de conception préliminaire d'un projet, d'éliminer, dans la mesure du possible, des problèmes de sécurité routière tant dans de nouvelles routes que dans celles destinées à être améliorées.



Des audits de sécurité routière facilitent la réalisation de conceptions qui diminuent les risques aux usagers des routes.

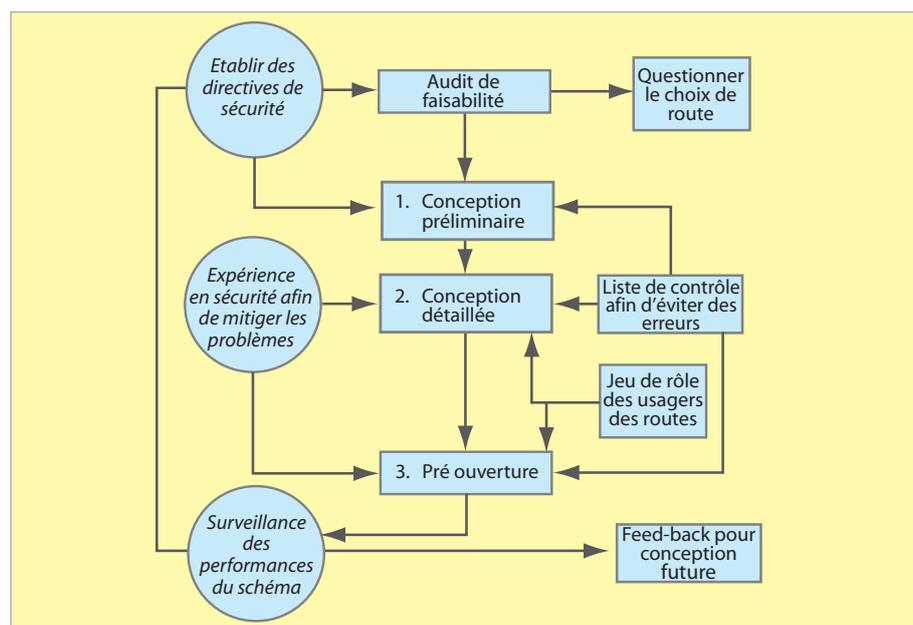


Figure 4.7 - Organigramme d'un Audit de Sécurité Routière

Les avantages principaux de tels audits comprennent:

- Une réduction de la probabilité d'accidents sur le réseau routier
- Une réduction de la gravité d'accidents sur le réseau routier
- Une conscience accrue de pratiques sûres de conception chez les ingénieurs de circulation et les concepteurs de routes
- Une réduction des coûts des mesures curatives
- Une réduction des coûts de durée de vie d'une route.

Les ressources requises pour la réalisation d'un audit de sécurité routière sont généralement assez faibles et pourraient augmenter les coûts de conception de la route d'environ 4%. Cependant, les avantages pourraient être très importants, avec un rapport avantage-coût de 20:1⁷.

En réalisant des audits de sécurité routière, une administration routière montre qu'elle a l'intention d'améliorer la sécurité sur ses routes et, en conséquence, a une défense plus forte contre des réclamations de responsabilité de dommage.

Cadre 4.3 - Audits de sécurité routière dans la CDAA

Dans beaucoup de pays de la CDAA des audits de sécurité routière ne sont pas encore devenus un aspect formalisé et obligatoire du processus de conception. Actuellement, il est assumé que la sécurité routière est abordée par l'adhésion à des normes de conception géométrique. Cependant, celle-ci n'est ni adéquate ni suffisante. Il a été montré que "Des routes conçues conformément à des normes ne sont pas forcément ni sûres ni dangereuses et (que) la liaison entre les normes et la sécurité est imprévue en grande partie"⁸.

Par conséquent:

- Il y a besoin d'accélérer le rythme d'adoption d'un processus plus formalisé d'audits de sécurité routière qui sera applicable à toutes les routes de n'importe quel pays
- Les processus d'audit de sécurité routière devraient être introduits comme partie d'un programme compréhensif de sécurité routière dans tout pays
- Les leçons apprises des audits de sécurité devraient être coordonnées à une location centrale et partagées parmi tous les pays de la région.

4.3.4 Directives/Manuels de Conception

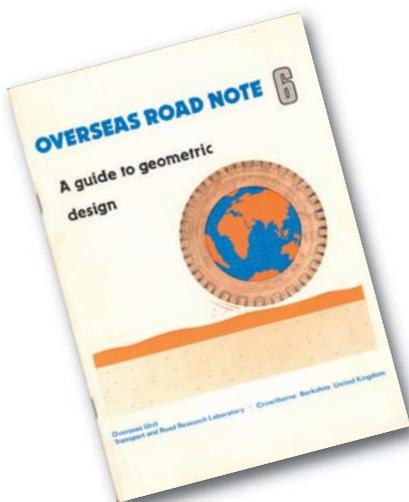
En reconnaissance des points faibles de l'emploi des directives publiées par des pays développés pour les RRFVC, on a essayé de développer des guides plus appropriés pour les pays en voie de développement (par ex. L'ORN 6 du TRL⁹). On a aussi eu recours à des normes plus appropriées émanant d'autres pays, tels que l'Australie (par ex. les directives de NAASRA¹⁰, d'Austrroads¹¹ et de l'ARRB¹²). Plus récemment on a développé des directives dans la région destinées à être employées soit nationalement (par ex. le Manuel G2⁸ en Afrique du Sud), soit régionalement (par ex. la Conception Géométrique de Routes Rurales de la CTCAA¹³). Cependant, aucune de ces directives ne s'applique pas à des RRFVC. Le Tableau 4.2 fournit une liste de différentes guides de conception et du degré de leur utilisation dans la région.

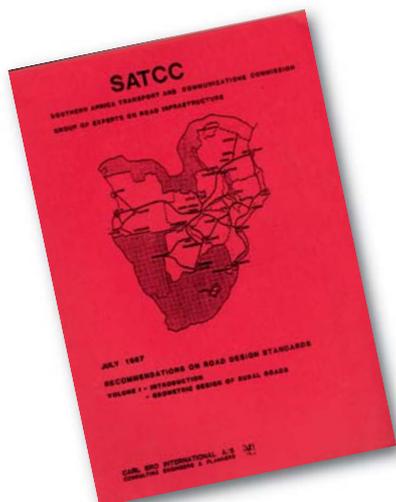


Les conceptions devraient pourvoir à des piétons ainsi qu'au trafic véhiculaire.

Tableau 4.2 - Les directives/manuels de conception employés dans la région de la CDAA

Directive/manuel de conception	Degré d'emploi		
	Fort	Moyen	Faible
Etats-Unis <ul style="list-style-type: none"> • AASHO: <ul style="list-style-type: none"> - A Policy on Geometric Design of Rural Highways (1965). <i>(Une politique sur la conception géométrique des chaussées rurales, 1965).</i> • AASHTO: <ul style="list-style-type: none"> - A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (1984). <i>(Une politique sur la conception géométrique de chaussées et des, 1984).</i> - Guidelines for Geometric Design of very Low-volume Local Roads (ADT ≤400) (2001). <i>(Directives sur la conception géométrique des routes à très faibles volumes de circulation) (TMJ≤400)(2001)</i> 	X		X*
Australie <ul style="list-style-type: none"> • NAASRA: <ul style="list-style-type: none"> - Interim Guide to the geometric design of rural roads. (1980). <i>(Guide intérimaire sur la conception géométrique des routes rurales, 1980)</i> • Austrroads: <ul style="list-style-type: none"> - Rural Road Design: Guide to the design of Rural Roads (1989). <i>(Conception des routes rurales – Guide à la conception des routes rurales, 1989).</i> • ARRB: <ul style="list-style-type: none"> - Road classifications, geometric designs and maintenance standards for low-volume roads (2001). <i>(Classements routiers, conceptions géométriques et normes d'entretien pour des routes à faibles volumes de circulation, 2001).</i> 		X	X*
Royaume Uni <ul style="list-style-type: none"> • TRL: <ul style="list-style-type: none"> - Overseas Road Note 6: A guide to geometric design (1988). <i>(Mémoire Routier No 6 pour l'outremer: Un guide pour la conception géométrique, 1988).</i> 		X	





Afrique Australe				
<ul style="list-style-type: none"> ● CTCAA: <ul style="list-style-type: none"> - Recommendations on Road Design Standards: Geometric Design of Rural Roads (1987). <i>(Recommandations sur les normes de conception routière: la conception géométrique des routes rurales, 1987).</i> 		X		
<ul style="list-style-type: none"> ● Afrique du Sud <ul style="list-style-type: none"> - G2: Geometric Design Manual (South Africa, 2003). <i>(G2: Manuel sur la conception géométrique (Afrique du Sud, 2003).</i> 				X
<ul style="list-style-type: none"> ● - Etats – membres: Des manuels nationaux basés sur l'un ou l'autre des guides mentionnés ci-dessus. 	X			

*Le développement de ces directives est très récent et la connaissance de leur existence et de leur emploi est encore très limitée.

Tous les guides/manuels mentionnés ci-dessus sont basés sur des philosophies différentes et sont fondus sur des suppositions différentes ou se servent des critères différents pour le développement des valeurs de conception pour les différents éléments de la conception. Par exemple, quelques guides mettent l'accent sur les questions de sécurité et d'autres le mettent sur les niveaux de service, de capacité, de confort ou sur des valeurs esthétiques. Il n'est pas donc surprenant que toutes les valeurs de conception recommandées et les implications liées de coûts diffèrent, parfois très sensiblement. Ainsi il est essentiel que le concepteur ait une compréhension profonde de l'origine, du contexte et de la base du développement des guides ou manuels de conception et des critères de conception liés, qui peuvent servir comme base d'adaptation, là où il est nécessaire, et pour la mise en application judicieuse à des RRFVC.

Dans la section suivante, les valeurs de conception obtenues à partir de la mise en application de quelques-uns des guides de conception qui sont considérées comme étant les plus appropriées pour la région de la CDAA, sont comparées.

4.4 Techniques, Contrôles et Éléments de Conception

4.4.1 Techniques

Il y a un nombre de techniques qui ont été développées au cours des dernières années et qui offrent au concepteur des RRFVC un degré important de souplesse dans le processus de conception et aussi améliorent la qualité de la conception. Elles sont décrites brièvement ci-dessous.

Conception Sensible au Contexte

Une Conception Sensible au Contexte¹⁴ qui s'adapte à – ou est en accord avec – les caractéristiques naturelles de la route et le comportement humain, c à d, la conception peut s'écarter, si nécessaire, des critères acceptés de conception. Les désirs et les besoins de la communauté sont pris en considération en invitant les parties intéressées pertinentes à participer dans l'identification de solutions afin de les rendre acceptables à la communauté.

La Conception Sensible au Contexte reconnaît qu'en mettant des normes en application, parfois des exceptions peuvent être nécessaires. Par exemple, là où la mise à disposition d'un tracé construit résulte en des terrassements excessifs, il pourrait être préférable de réduire la vitesse de référence afin de minimiser les impacts sociaux ou environnementaux.

Concept de Domaine de Conception

Le "Concept de Domaine de Conception"⁸, illustré dans la Figure 4.8, reconnaît qu'il y a une gamme de valeurs qui pourraient être adoptées entre des limites absolues supérieures et inférieures. Les valeurs adoptées pour un paramètre particulier de conception au sein du domaine de conception résulteraient en un niveau de service acceptable, quoique variable, en conditions moyennes en termes de conséquences opérationnelles, économiques, environnementales et de sécurité.

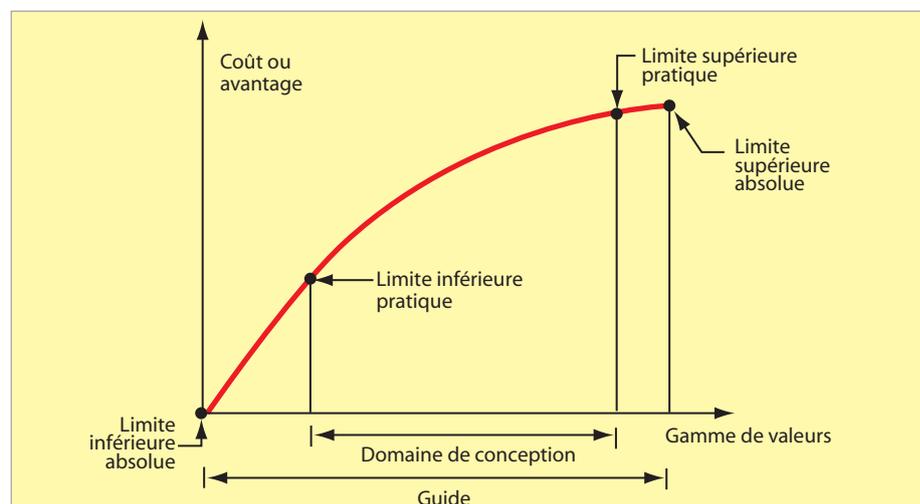


Figure 4.8 - Le concept de domaine de conception

Bien que les valeurs dans la région inférieure du domaine de conception soient généralement moins sûres et moins efficaces du point de vue d'exploitation, elles sont normalement moins coûteuses que celles de la région supérieure. Dans la région supérieure du domaine, les conceptions résultantes sont généralement plus sûres et leur exploitation est plus efficace, mais leur construction peut être plus coûteuse. Le domaine de conception établit les limites au sein desquelles des paramètres devraient être sélectionnés pour considération au sein du concept de l'ingénierie de la valeur.

Le concept de domaine de conception offre les avantages suivants au concepteur:

- Il est directement lié à la vraie nature de la fonction de la conception et processus routiers, puisqu'il met l'accent sur le développement de conceptions appropriées et coût-efficaces, plutôt que sur la conformité simple avec des normes.
- Il reflète directement la nature continue du rapport entre le niveau de service, les coûts, la sécurité et des changements de dimensionnements. Ainsi il renforce la nécessité de prendre en considération les impacts de compromis dans tout le domaine et non juste là où un seuil de normes a été franchi.
- Il fournit un lien implicite au concept de "Facteur de Sûreté" - un concept dont on se sert dans d'autres processus de conception de constructions, où le risque et la sécurité sont importants.

Un exemple du concept de domaine de conception pour la largeur des accotements est illustré dans la Figure 4.9.

La souplesse offerte par le concept de Domaine de Conception

Pour beaucoup d'éléments une gamme de dimensions est donnée et le concepteur a la responsabilité de choisir la valeur appropriée pour une application particulière. Si la conception implique un compromis, il pourrait être plus convenable de compromettre chacun de plusieurs éléments légèrement plutôt que de compromettre un seul élément excessivement. Il est important que la conception soit équilibrée.

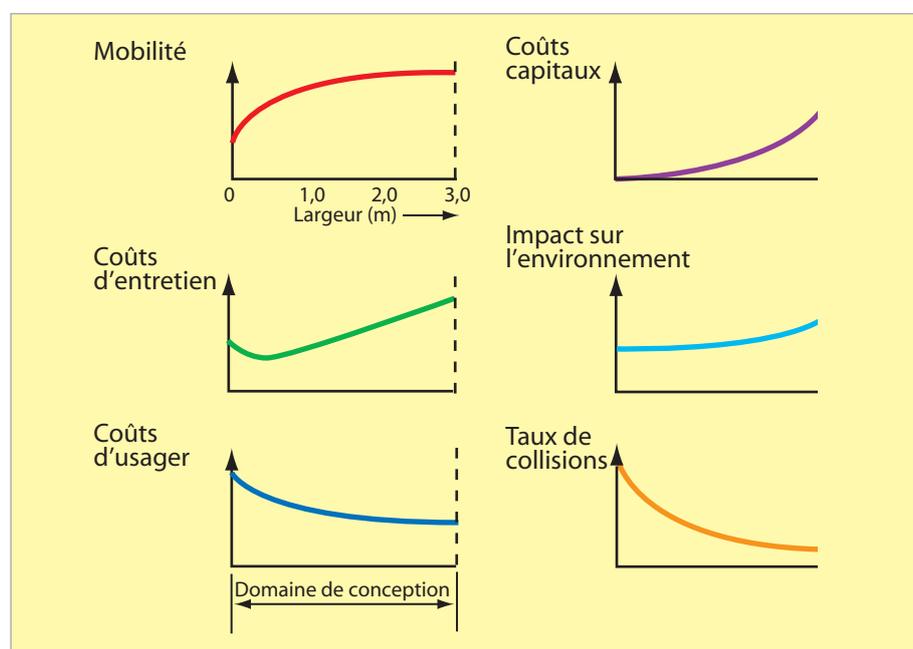


Figure 4.9 - Exemple de l'application du concept de domaine de conception – largeur des accotements¹⁴

Conception "à la vue"

Les méthodes conventionnelles de la conception impliquent des études exactes d'ingénieur sur toute la longueur de la route comme base de l'élaboration de tracés en plan et de profil en long et de profils en travers sur les dessins d'exécution, à partir desquels les quantités sont normalement calculées. Le coût de cette méthode – qui peut être justifié pour des routes à niveaux relativement élevés ou à volumes relativement importants de circulation – peut à peine être justifié pour des routes à niveaux relativement bas ou à des volumes de circulation relativement faibles.

L'approche "à la vue" est une approche assez facile qui est destinée principalement à l'amélioration des RFVC existantes où la géométrie est adéquate. Dans cette méthode, le plan de la route est choisi "à la vue" au temps de construction par le personnel expérimenté de chantier qui est connaissant des conséquences économiques, opérationnelles et de sécurité de la conception géométrique.

Cadre 4.4 - Avantages de l'approche de "Conception à la Vue"

- Elle permet à l'ingénieur de faire correspondre le tracé avec le terrain, de telle façon qu'il occasionne la perturbation minimum aux facilités existantes et à l'environnement physique riverain.
- Elle évite la nécessité d'une étude topographique conventionnelle de la route existante et il n'est pas nécessaire de préparer des dessins ordinaires de plans et de profils en long.
- Elle permet la géométrie routière d'être décrite sur un simple plan de situation de la route existante, indiquant grossièrement le tracé en plan, les stations kilométriques et des améliorations éventuelles, telles que les distances de visibilité.
- Elle minimise la quantité de terrassement, augmente la vitesse de construction et réduit les coûts de préparation et, en fin de compte, les coûts de construction, de 10 - 20 pour cent.
- Elle peut résulter en un produit fini de qualité au moins pareille au résultat de la méthode conventionnelle.

La méthode de conception "à la vue" est la plus appropriée aux cas où la documentation, en termes de dessins et quantités, n'est pas exigée. Ceci comprend des situations où la construction est entreprise par une équipe gestionnaire ou en régie, plutôt que par un entrepreneur régi par des conditions strictes de contrat et de paiement.

Le degré auquel la méthode de conception "à la vue" est mise en application par rapport à des méthodes conventionnelles (étude routière complète tant en tracé de plan qu'en profil de long, aussi bien que le contrôle) peut aussi varier considérablement, dépendant des circonstances locales et peuvent comprendre les options suivantes:

- Sans étude, mais avec des indications brèves de couloir, des zones à éviter, des hauteurs requises des remblais/déblais pour le drainage, des sols et d'autre information
- Etude du tracé en plan et/ou du tracé en profil de long, avec des études ponctuelles des options de tracé routier à des sites critiques
- Etude du tracé en plan et du profil en long jusqu'au niveau de la couche de fondation, par exemple. La couche de base devrait donc être construite conformément aux tolérances d'épaisseur.

4.4.2 Contrôles

Le besoin d'établir le rapport des éléments physiques de la route avec les besoins du conducteur d'une manière qui est acceptable du point de vue de l'environnement impose un nombre de contrôles sur le concepteur de routes. Beaucoup de ces contrôles ont rapport aux caractéristiques de l'environnement routier: il se pourrait bien que ceux qui peuvent être appropriés pour un environnement ne soient pas appropriés pour un autre. Les contrôles les plus importants de conception comprennent:

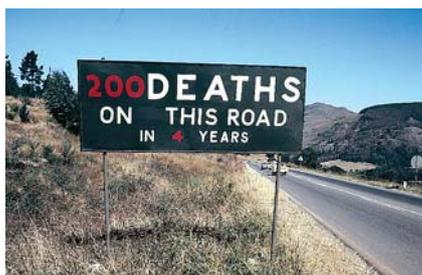
- Les caractéristiques du conducteur
- La vitesse de référence
- La distance de visibilité
- Les véhicules de référence
- Le trafic de référence
- Des facteurs environnementaux.

Des paramètres de conception, tels que la hauteur des yeux du conducteur et le temps de perception/réaction varient considérablement parmi les conducteurs, de même que le genre de véhicule et les conditions de conduite. Ainsi, par rapport aux suppositions faites, les conseils sur les différents paramètres de conception pertinents aux caractéristiques du conducteur peuvent varier assez considérablement, comme l'indique le Tableau 4.3. En conséquence, les valeurs dérivées pour des éléments liés de conception, tels que la distance de visibilité, sont affectées. Tels conseils devraient donc être évalués soigneusement par rapport aux suppositions faites et à leur applicabilité à la situation de projet.

Tableau 4.3 - Caractéristiques de conducteur recommandées pour des routes rurales/ routes à faibles volumes de circulation

Paramètre	Conseils à la Conception		
	CTCAA	TRL ORN-6	ARRB
Hauteur des yeux du conducteur (m)	1,00	1,05	1,15
Temps de réaction de freinage (sec)	2,50	2,00	2,50
Hauteur d'objet (arrêt) (m)	0,10	0,20	0,20
Hauteur d'objet (croisement) (m)	1,00	1,05	-

La Vitesse tue: Tuez la vitesse



Un panneau non normal prévu pour choquer les conducteurs afin de susciter leur conduite soigneuse.

Vitesse de Référence

Il est probable que la *vitesse de référence* est le facteur le plus important affectant la conception géométrique d'une RRFVC et elle est influencée par les facteurs suivants:

- La nature du terrain
- La catégorie de la route
- La densité et nature de l'occupation des sols riverains
- Les volumes de circulation et sa composition anticipés sur la route
- Le profil en travers.

La vitesse de référence est normalement acceptée comme la vitesse maximum à laquelle il est envisagé que 85% des conducteurs conduiront sur un tracé spécifié de la route achevée lorsque les conditions sont si favorables que les caractéristiques de conception de la route déterminent le choix de vitesse du conducteur. La plus élevée la vitesse de référence, généralement d'autant plus élevés les coûts de construction. Dans du terrain accidenté, selon une méthode empirique, une augmentation de la vitesse de référence de 20 Km/h double le coût des terrassements.

Il est notable que la méthode conventionnelle d'employer la vitesse de référence pour spécifier les normes de conception des alignements contient des suppositions implicites touchant au comportement des conducteurs qui n'ont pas été établies des recherches empiriques¹⁵. Des procédés alternatifs de conception ont été développés, qui assurent la compatibilité entre la norme d'alignement et le comportement des conducteurs en ce qui concerne la vitesse, et dans lesquels l'accent est placé sur la cohérence et les espérances du conducteur plutôt que sur des normes absolues minimums. On croit que cette méthode aboutira à des opérations plus sûres, surtout sur des routes à des alignements de normes basses, que la méthode conventionnelle de vitesse de référence¹⁶. En conséquence, elle semble être plus appropriée à la région de la CDAA, où le comportement du conducteur est un déterminant critique de la vitesse d'exploitation, et, donc, de la vitesse de référence.

Bien que la vitesse traditionnellement ait été considérée comme le facteur le plus important affectant la conception géométrique des RRFVC, il est aussi suggéré que les coûts de durée de vie puissent être considérés comme le facteur le plus important³. La justification pour cette méthode est que le coût continuera être la contrainte la plus critique de la mise à disposition des RRFVC. Cette méthode de minimisation des coûts s'applique également aux conceptions horizontales et verticales (cf. la Section 4.4.3 – Eléments de Conception). La vitesse, la géométrie etc. se dégageraient comme les résultats de l'analyse des coûts de la durée de vie.

On peut se servir des limites de vitesse pour influencer sur le comportement des conducteurs, mais seulement si elles sont réalistes. Si la limite de vitesse est établie à un niveau qui diffère considérablement du 85^{ième} percentile de la vitesse d'exploitation, elle tend à aboutir à une situation accidentogène, puisque les conducteurs tendent de ne pas adapter leurs vitesses à la catégorie spéculative mais, plutôt à ses caractéristiques physiques. Il faut donc prêter de l'attention à la création d'un environnement routier qui adapte la vitesse d'exploitation à un niveau proportionnel à l'alignement entravé¹⁷.

“L'expertise exigée par le concepteur d'une route à faibles volumes de circulation peut résider dans sa capacité de faire comprendre ses idées à l'utilisateur de la route et de créer une disposition d'esprit chez le conducteur, telle qu'il sera content de se déplacer à une vitesse sûre.” Cependant, bien que l'approche soit saine, il manque encore de directives quantitatives.

Cadre 4.5 - Vitesses de référence contre vitesses d'exploitation dans la région de la CDAA

Il y a des différences marquées dans les environnements physiques des pays dans la région de la CDAA qui, en conséquence, ont une influence importante sur la mise en application d'un nombre de paramètres géométriques. Par exemple, le terrain des pays tels que le Botswana et la Namibie, est généralement plat. En conséquence, les vitesses d'exploitation tendent à être beaucoup plus élevées que la vitesse de référence et, *de la perspective de sécurité de trafic, il peut être nécessaire de limiter la vitesse élevée d'exploitation à un niveau près de la vitesse de référence.* Par contre, dans des pays tels que Lesotho, les Iles Seychelles et Mozambique, le terrain dans certaines parties est très montagneux. En conséquence, les caractéristiques de conception routière déterminent et parfois limitent le choix de vitesse chez le conducteur.

La distance de freinage et les facteurs qui en dépendent, tels que la distance de visibilité, sont approximativement proportionnels au carré de la vitesse, et toute augmentation de la vitesse de référence représente un accroissement important de la valeur de ces facteurs. Cependant les coûts supplémentaires de construction sont normalement compensés par les avantages pour le trafic, à savoir, la sûreté améliorée, un accroissement de la capacité et de la convenance et une diminution des coûts d'usager de routes.

Des conseils sur les vitesses de référence sont contenus dans un nombre de manuels de conception^{8,9,10,11,12,13}, dont tous prétendent s'appliquer aux routes rurales/RFVC dans les pays en voie de développement. Les vitesses de référence recommandées diffèrent, sans doute, dépendant de la philosophie de conception adoptée et de l'environnement pour lequel elles sont destinées. Il y en a des exemples dans le Tableau 4.4. En vue de l'effet critique de la vitesse de référence sur les valeurs d'autres éléments géométriques et sur les coûts liés pour les mettre en application, il faut prêter de considération soigneuse au choix de ce paramètre déterminant.

Tableau 4.4 - Valeurs recommandées de vitesse de référence pour des guides sélectionnées de conception

Paramètre	Guide de conception								
	CTCAA			TRL ORN 6			ARRB		
Circulation (TMJ)	-			100 - 400			>100		
Terrain	P	O	M	P	O	M	P	O	M
Vitesse de Référence (Km/h)	70	70	50	70	60	50	80	70	50

Note: P= Plat; O = Onduleux/Accidenté; M = Montagneux

Véhicule de Référence

Les caractéristiques physiques des véhicules et les proportions des véhicules exploitant une route représentent des contrôles positifs dans le processus de conception et définissent plusieurs éléments de conception géométrique. Les dimensions utilisées pour la définition des véhicules de référence sont typiquement la valeur du 85^{ème} percentile de n'importe quelle dimension donnée, mais elles sont, en fait, des véhicules hypothétiques sélectionnés pour représenter une catégorie particulière de véhicules.

Les dimensions des véhicules de référence adoptées dans des manuels de conception élaborés à l'étranger sont, tout naturellement, basées sur les genres de véhicules se trouvant dans ces pays-là. Cependant, la gamme de genre de véhicules se trouvant dans la région de la CDAA et leurs caractéristiques d'exploitation, en termes de la performance, de l'état des véhicules, de l'usage, du mélange du trafic et de l'attitude des usagers des routes, diffèrent considérablement de celles des pays développés. Ainsi, il faut prêter l'attention soigneuse aux caractéristiques des véhicules de référence dans le processus de conception des RRFVC.

Au cours des dernières années la réglementation concernant la grandeur des véhicules a subi des révisions importantes, qui ont abouti à l'émergence de combinaisons relativement grandes de multi-véhicules, jusqu'à des longueurs de 22 m. Ces développements démontrent le besoin d'adopter des véhicules de référence qui sont appropriés pour la région.

Les conceptions devraient s'accommoder au trafic anticipé au cours de la durée de vie de la route.



De bonnes distances de visibilité sur une RRFVC bien conçue. Notez l'accotement large et la pente faible à la fosse de drainage, dont tous les deux diminuent les dangers potentiels.



Des fosses profondes de drainage en forme de V ne laisse aucune possibilité de rétablissement si un véhicule quitte la route.

Trafic de référence

Le *trafic de référence* est un élément critique de conception qui a un impact majeur sur tout élément de la conception géométrique d'une route. Dans le cas de R Fort VC, ce facteur normalement ne s'applique qu'au trafic motorisé en termes du Trafic Journalier Moyen Annuel (TJMA) dans *l'an de référence*. Cependant, pour les RRFVC, il faut prendre compte du trafic non motorisé, des véhicules attelés d'animaux et des flux importants de piétons près des zones urbaines et peri-urbaines, dont tous ont un impact sur des éléments de conception, tels que les largeurs de la chaussée et des accotements. Malheureusement, aucune des directives régionales récentes – et très peu des directives internationales – ne pourvoit complètement au trafic non motorisé. Des mesures qu'on peut prendre en considération sont: des accotements plus larges, des drains latéraux plus larges et la séparation physique de trafic motorisé, dont tous aboutiront à l'augmentation des coûts.

Distance de visibilité

Une caractéristique de la géométrie des routes sûres est la fourniture de distance adéquate de visibilité – la distance en avance que le conducteur peut voir. Comme minimum irréductible, les conducteurs devraient pouvoir voir des objets sur la route avec assez de temps de les permettre de les contourner ou de s'arrêter. Les éléments fondamentaux qui sont importants pour les RFVC comprennent:

- Distance de visibilité d'arrêt – la distance requise pour arrêt sûr de la vitesse de conduite
- Distance de visibilité de réunion: la distance requise pour que deux conducteurs voyageant en des directions opposées puissent arrêter leur véhicules en sécurité
- Distance de visibilité de dépassement – la distance requise de voir en avance pour le dépassement sûr.

Les valeurs de Distance de Visibilité d'Arrêt (DVA) et de la distance de Visibilité de Dépassement (DVD) recommandées dans de différents manuels de conception pour des routes rurales ou des RFVC diffèrent assez considérablement, tels qu'indiquées dans le Tableau 4.5. Dans le cas de la DVA, ceci est dû à des suppositions différentes concernant le temps de réaction de freinage et la distance de freinage, qui dépendent de l'état et caractéristiques du véhicule et le grandeur de l'objet. Dans le cas de la DVD, ceci est dû à des suppositions différentes concernant les distances des composants dans lesquelles on peut diviser le manoeuvre de dépassement, les vitesses différents supposés de la manoeuvre et, dans une certaine mesure, le comportement du conducteur.

Tableau 4.5 - Distances minimums de Visibilité d'Arrêt (DVA) et de Dépassement (DVD)

Vitesse de référence (Km/h)	CTCAA		TRL ORN 6		ARRB	
	DVA (m)	DVD (m)	DVA (m)	DVD (m)	DVA (m)	DVD (m)
40	44	110	35	-	-	-
50	-	-	50	140	50	-
60	79	230	65	180	-	-
70	-	-	85	240	90	-
80	126	420	-	-	110	-
100	185	700	160	430	-	-

La distance de visibilité a un impact sur la sécurité routière. La mauvaise visibilité seule peut aboutir à des collisions entre deux véhicules en sens inverse. Il n'y a aucune guide locale pour les RRFVC. En fin de compte, donc, le concepteur devrait être conscient des différences de distances de visibilité recommandées dans de différentes directives et devrait adopter des valeurs dont les suppositions sous-jacentes sont plus proches à celles des conditions du projet.

Questions Environnementales

Tout projet routier a un impact sur l'environnement. Cependant, la mise à disposition des RRFVC qui résulte en une amélioration de routes existantes en terre/gravier sans exigeant des terrassements importants ou de la perturbation des pentes de remblais ou déblais, ont peu ou point d'impact sur l'environnement. En effet, la construction d'une route scellée comme remplacement d'une route en terre/gravier a un effet positif important sur l'environnement dans la mesure où il n'y a plus de poussière de la route en terre/gravier, qui aurait pu avoir un impact négatif sur l'environnement, surtout là où la route traversait des espaces bâtis.



La bio ingénierie offre un nouveau jeu d'outils, mais normalement ne remplace pas l'emploi d'ouvrages d'art. Tous les matériaux et compétences sont disponibles dans les zones rurales, si éloignées qu'elles soient.

Là où il y a un nouveau tracé de route ou si les améliorations ponctuelles comprennent des excavations des pentes existantes, les impacts environnementaux devraient être évalués et des mesures curatives réalisées. Là où l'instabilité des talus ou des sols susceptibles à l'érosion présente un problème, il faut considérer de différentes mesures curatives, y compris des méthodes de bio-ingénierie, parfois en association avec d'ouvrages d'art. Telles mesures peuvent aussi être utilisées pour l'amélioration du drainage superficiel, surtout dans des terrains onduleux et accidentés avec des pentes raides.

A cause de bas niveaux de circulation sur les RRFVC, la pollution de l'environnement est aussi faible. Cependant, il se peut qu'il y ait une augmentation de la pollution de l'air résultante des émissions accrues si les pentes plus raides et les surélévations sont le résultat d'une méthode de "Conception à la vue". La perturbation occasionnée par le bruit est aussi augmentée dans des zones accidentées où les tensions sur les moteurs sont importantes à cause des déclivités sévères et des charges lourds. A cause de bas volumes de circulation sur les RRFVC, les impacts environnementaux de l'émission et du bruit sont assez restreints, mais néanmoins il est toujours nécessaire de faire une Evaluation d'Impact sur l'Environnement.

Afin de minimiser les impacts défavorables de la mise à disposition des RRFVC, il est important de faire un audit environnemental au commencement du processus de conception. Cette activité vise à :

- Le dimensionnement de corridors routiers pour minimiser les impacts environnementaux et socioculturels et maximiser la sécurité des usagers
- L'intégration des résultats du processus de conception géométrique dans le processus de dimensionnement
- L'identification d'options appropriées de dimensionnement afin de minimiser les impacts de la proposition et de se conformer aux directives de conception
- L'élaboration d'un Compte Rendu de Conception Environnementale, qui formule les différents critères de minimiser les impacts environnementaux
- La prise en considération des objectifs de tous les usagers des routes, aussi bien que des valeurs naturelles et culturelles de la communauté, par des consultations
- La minimisation de la perturbation de la végétation naturelle et des paysages
- L'assurance que les systèmes de drainage routier se servent à tout moment des réseaux naturels d'évacuation de l'eau.



Des terre-pleins de stationnement représentent un refuge sûr où des véhicules peuvent quitter la route.

4.4.3 Eléments

Le processus de dimensionnement routier comprend la sélection, la classification par ordre de grandeur et la liaison des éléments suivants qui, dans une large mesure, sont influencés par la vitesse de référence choisie:

- Le profil en travers
- De ponts et de ponceaux
- Le tracé en plan
- Le tracé de profil en long.

Tous ces éléments ci-dessus ont un impact sur la sécurité routière en influant sur la capacité du conducteur de commander son véhicule et d'identifier des dangers. Il est donc essentiel que la sécurité routière soit considérée comme un critère de conception de la toute première importance.

Profil en Travers

Les éléments suivants du profil en travers des routes de différentes classes des RRFVC devraient être pris en considération:

- La largeur de la chaussée
- Les largeurs des accotements
- Le devers transversal
- La largeur de l'emprise routière.

D'importance capitale pour les RRFVC est la question de satisfaire simultanément des besoins du trafic motorisé aussi bien que de ceux de trafic non motorisé et des piétons. Dans telles circonstances, il sera nécessaire de considérer des moyens coût-efficaces de séparer ces genres différents d'usagers des routes au sein d'un profil en travers conçu d'une manière appropriée dans lequel les largeurs de la chaussée et des accotements ont une influence importante.

Des accotements relativement larges (normalement de 1.5 à 2.0 mètres) sont spécialement importants dans des situations de trafic mélangé et ils ont les fonctions importantes suivantes:

- Déplacement de piétons et de trafic non motorisé avec d'empiètement minimal sur la chaussée
- La fourniture de place supplémentaire pour le mouvement de véhicules, sur laquelle un conducteur peut recouvrir le contrôle de son véhicule s'il en a perdu le contrôle
- La mise à disposition de place pour des véhicules en panne
- La fourniture de largeur supplémentaire au profil en travers, résultant en l'amélioration des distances de visibilité.

Des exemples et des remarques sur les valeurs appropriées des éléments du profil en travers des classes différentes de RRFVC sont indiqués dans le Tableau 4.6.



Un sentier séparé peut être un moyen coût-efficace de pourvoir à des volumes élevés de trafic piéton.



Si la construction d'un sentier séparé n'est pas possible, de larges accotements scellés constituent une surface acceptable pour la marche à pied ou pour le cyclisme.

Tableau 4.6 - Exemples des largeurs normales des profils en travers⁹

Fonction de la Route	Flux de circulation (vpj)	Chaussée		Accotement	
		Largeur (m)	Remarques	Largeur (m)	Remarques
Primaire	> 400	6,0 à 7,0	Deux véhicules utilitaires peuvent se dépasser dans les limites de la chaussée; un peu de déplacement vers la bordure peut se produire.	1,0	Représente la largeur minimum recommandée. Il y a besoin de marquer les lignes de rive sur l'accotement. Il se peut que les largeurs doivent être augmentées pour pourvoir aux piétons ou trafic non-motorisé.
Secondaire	100 - 400	5,5 à 6,0	Il y a besoin de maintenir une largeur minimum de 5,5 m afin d'éviter de dégradations des bordures, même à de bas volumes de trafic.	1,0	Pour des raisons de sécurité, le scellement des accotements est recommandé. Ceci a aussi des avantages pour des raisons structurelles et d'entretien.
Tertiaire/ Route de Desserte	20 -100	3,0	Route à une voie. Deux véhicules utilitaires peuvent se dépasser dans la largeur totale de 6,0 m, en utilisant les accotements.	1,5	

Note: Là où il y a un pourcentage élevé de véhicules lourds, disons plus de 40%, il est conseillé d'augmenter la largeur de la chaussée à 5,5, 6,0 ou 6,5 mètres.

Des normes plus exigeantes imposeront des exigences plus importantes sur les budgets de construction et d'entretien, et celles-ci devraient être considérées à l'étape de conception. Par exemple, la largeur accrue de la chaussée représente une superficie plus grande à entretenir, résultant en des coûts accrus. Cependant, la largeur accrue disperse les charges de circulation sur une superficie plus grande, ainsi occasionnant une réduction de la dégradation de la chaussée dans une certaine mesure. Ainsi, comme discuté dans le Chapitre 3, une analyse des coûts de la durée de vie de différentes possibilités devrait être faite pour donner des conseils sur la solution optimale.

Bombement et dévers transversal de la route: Une valeur minimum de 3% est généralement recommandée dans tous les manuels de conception pour une route revêtue, y compris les accotements qui ont des revêtements semblables à ceux de la chaussée. La valeur maximum de préférence d'une surélévation est normalement fixée à 6 - 7%, avec un maximum absolu de 10%. Comme l'indique le Tableau 4.7, l'emploi d'une valeur plus élevée pour la surélévation rend possible l'introduction d'une courbe horizontale plus petite, basée sur la même vitesse de référence.

Tableau 4.7 - Rayons de Conception pour des surélévations différentes

Vitesse de Référence (Km/h)	Rayon horizontal (m) (Surélévation de 6%)	Rayon horizontal (m) (Surélévation de 10%)
60	100	85

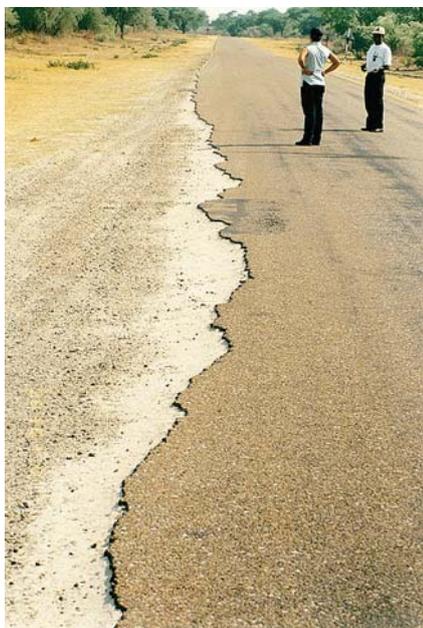
Ponts et Ponceaux

Les profils en travers des ponts ont besoin de considération supplémentaire, surtout là où on les a construites avec une largeur restreinte de chaussée. Dans telles circonstances, il se peut qu'il n'y ait pas assez de place pour permettre un camion de dépasser un piéton en sécurité. Ceci crée le besoin de fournir un sentier séparé et, là où il n'est pas possible, de se servir des méthodes de modération de la circulation en association avec des panneaux de danger.

Tracé en Plan

Les éléments suivants du tracé en plan devraient être pris en considération pour les différentes classes de RRFVC:

- Rayon de courbure minimum
- Distance minimum de visibilité d'arrêt
- Distance minimum de visibilité de dépassement
- Surélévation
- Elargissement de courbes.



Dégradation grave de bordure d'une chaussée de 5m, même à des niveaux de trafic relativement bas (<100 vpj)



Un sentier séparé sur un pont étroit fournit de la protection pour des piétons.



Une bonne combinaison de courbes et de courbure horizontale adéquate assure un environnement routier sûr. Cependant, le manque de marquage routier constitue un danger grave à la sécurité.

En général, le tracé en plan devrait se conformer au paysage. Sur de nouveaux alignements, on devrait éviter de longues routes droites, puisqu'elles ont un impact défavorable sur les conducteurs. Il faut mettre en place de mesures de réduire la lumière éblouissante du soleil ou des phares dans les circonstances appropriées, aussi bien que de réduire l'ennui et la fatigue.

Dans la mesure du possible, les améliorations des alignements existants devraient être réalisées sans changer la géométrie existante des courbes ou des profils en travers. Dans les améliorations des courbes l'accent devrait être mis sur des mesures à faible coût pour régler les vitesses, améliorer le tracé de la courbe ou mitiger la gravité de l'anticipation sur la chaussée.

La courbure horizontale minimum est dictée par les niveaux acceptables maximums d'accélération latérale et verticale, les distances minimums de visibilité requises pour des manœuvres sûres d'arrêt et de dépassement et par les valeurs de frottement latéral supposées pour le genre de surface routier. Ces paramètres de conception sont, à leur tour, liés aux vitesses des véhicules supposées de conception. Les normes de courbure donc dépendent implicitement ou explicitement d'un nombre de suppositions qui, comme l'indique le Tableau 4.8, résultent en des valeurs tout différentes de rayons horizontaux minimums. La sélection du rayon minimum de courbes horizontales a un impact important sur les terrassements et les coûts et, en conséquence, mérite de considération supplémentaire au cours du processus de la conception des RRFVC

Tableau 4.8 - Comparaison des rayons minimums de courbure horizontale

Vitesse de Référence (Km/h)	Rayons minimums de courbure (m)							
	SATTC			TRL ORN6			ARRB	
	Frottement latéral	e=10	e= 6	Frottement latéral	e = 10	e = 6	Frottement latéral	e=7-10
40	-	-	-	0,30	30	35	-	-
50	-	-	-	0,25	60	65	0,35	45
60	-	110	140	0,23	85	100	-	-
70	-	-	-	0,20	130	150	0,31	100
80	-	210	250	0,19	175	200	0,26	160
100	-	350	420	0,15	320	375	-	-

F = frottement latéral E = surélévation

Tracé de Profil en Long

Les composantes du tracé de profil en long comprennent:

- Pente maximum
- Distances minimales de visibilité d'arrêt ou de dépassement sur des courbes de point haut
- Rayons minimums de courbes concaves.

Le tracé du profil en long a une influence directe sur les coûts de construction et dépend du terrain. Les coûts peuvent être réduits par la réduction de la quantité de terrassements résultant de la sélection soigneuse de la route. Des pentes plus raides devraient être considérées pour des routes selon des normes plus basses que pour celles de classement supérieur. Il est peu probable que les avantages à obtenir par la réduction des coûts d'exploitation des véhicules aussi bien que des coûts de durée de trajet compensent les coûts supplémentaires de construction impliquée par la réalisation de pentes minimums.

Le Tableau 4.9 indique les valeurs de courbes de point haut et de courbes concaves recommandées dans les manuels différents de conception pour les routes rurales/RFVC dans des pays en voie de développement. Comme indiqué dans le Tableau, il y a une différence importante entre les valeurs recommandées tant pour les courbes de point haut que pour les courbes concaves, en grande partie à cause des hypothèses différentes faites dans leur dérivation. Les valeurs recommandées dans les Directives de la CTCAA pour des routes à grande circulation sont basées sur les critères d'éclairage des phares, tandis que celles recommandées dans le TRL ORN 6 et par l'ARRB sont basées sur les critères de confort du conducteur. Dans la région de la CDAA, les RRFVC ont plusieurs fonctions différentes et sont construites dans de terrains très différents. Faute d'une guide locale de RRFVC, le concepteur devra établir lesquelles des valeurs recommandées sont plus appropriées au terrain local et à la fonction de la route (primaire, secondaire ou tertiaire).



Mauvaise visibilité à cause d'une courbe concave cachée - une cause potentielle d'accidents.

La valeur "K" pour une courbe de profil en long est définie comme le longueur de la courbe verticale en mètres pour un changement de déclivité de 1%.

Tableau 4.9 - Comparaison de rayons minimum de "K" pour des courbures verticales (m)

Vitesse de Référence	SATTC		TRL ORN6		ARRB	
	Courbes de point haut ¹	Courbes concaves ²	Courbes de point haut ¹	Courbes concaves ³	Courbes de point haut ¹	Courbes concaves ³
40	6	8	3	1,3	-	-
50	11	12	5	2,2	5	4
60	16	16	10	3,5	9	6
70	23	20	16	4,8	14	8
80	33	25	-	-	23	10
85	-	-	30	8,1	-	-
90	46	31	-	-	-	-
100	60	36	60	13,1	63	16

Note: 1. Basé sur la distance de visibilité d'arrêt. 2. Basé sur des critères éclairage de phares. 3. Basé sur des critères de confort.

Echelonnement des Tracés en Plan et des Tracés en Profil de Long

Certaines combinaisons de courbes verticales et horizontales peuvent avoir pour résultat que le conducteur voit une distorsion du tracé ou de la pente ou de tous les deux, même si les courbes horizontales et verticales conformément avec les règles de conception. D'autres combinaisons peuvent cacher du conducteur un changement du tracé en plan. Ainsi, la concordance correcte des courbures horizontales et verticales est importante du point de vue de la prévention des accidents. Cependant, cette concordance est généralement réalisée au prix de terrassements supplémentaires et il faut établir un équilibre soigneux entre les coûts et les avantages d'une telle entreprise. La Figure 4.10 montre des exemples de bons et de mauvais tracés.

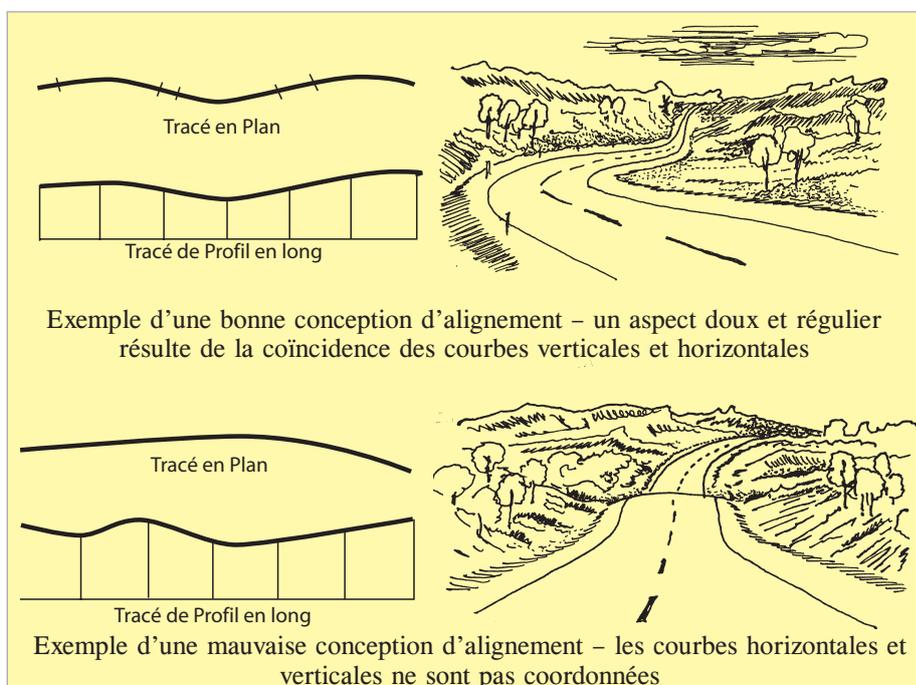


Figure 4.10 - Exemples de bonnes et mauvaises combinaisons d'alignements horizontaux et verticaux¹¹

Les équipements aux bords de la route comprennent:

- Des panneaux routiers
- Eclairage routier
- Des glissières de sécurité.

Les obstacles des bords de la route comprennent:

- Des arbres
- Des arbustes
- Des panneaux publicitaires en position illégale dans l'emprise routière
- Des lignes électriques ou d'autres pôles utilitaires dans l'emprise routière
- Des constructions
- Des drains latéraux profonds.



Des abords "non indulgents" de la route sont ceux qui ne sont pas dépourvus d'obstacles qui pourraient occasionner des blessures sévères aux occupants des véhicules légers.



Un panneau non normal d'avertisseur de bœufs.

4.5 Sécurité aux Bords de la Route, Education et Exécution de la Loi

4.5.1 Sécurité aux Bords de la Route

L'environnement des bords de la route et sa conception jouent un rôle important dans la sécurité routière. Les éléments de cet environnement comprennent:

- Les équipements et les obstacles des bords de la route
- Des panneaux, le marquage et des clous routiers
- Des possibilités de stationnement, des points arrêt et des voies de dépassement
- Des mesures de modération de la circulation et l'éclairage.

Equipements et obstacles des bords de la route

Bien qu'ils aient des rôles importants de sécurité, les équipements et obstacles des bords de la route puissent également avoir des implications négatives, y compris:

- L'obstruction de la visibilité des usagers des routes aussi bien que de la ligne de visée de conducteurs et de piétons
- La risque de véhicules entrant en collision avec eux.

La situation idéale est d'avoir une zone dégagée, qui est libre de tout hasard, y compris d'équipements des abords de la route et d'obstacles. Cependant, dans les cas où la mise à disposition de zones dégagées est trop coûteuse ou impraticable à cause de contraintes topographiques ou environnementales, entre autres, on devrait considérer d'autres possibilités de réduire la gravité des conséquences. La Figure 4.11 contient des conseils pour aborder au traitement des dangers aux bords de la route afin de résulter en "une route indulgente".

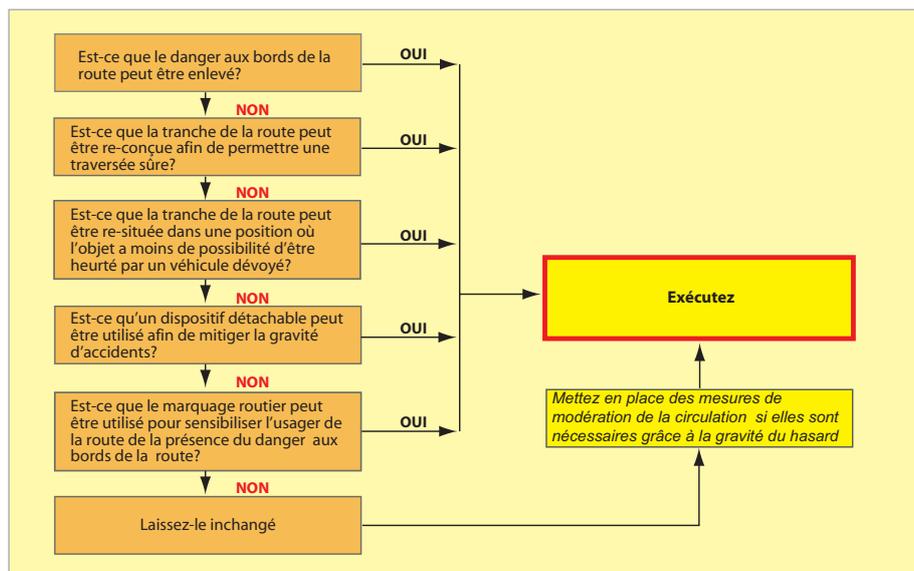
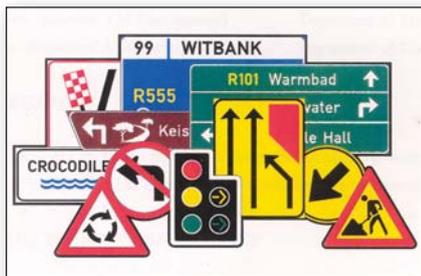


Figure 4.11 - Processus de sélection afin d'assurer des bords de la route "indulgents"



De différents panneaux de signalisation contenus dans le Manuel de Panneaux de Signalisation de la CTCAA.



De signalisation supplémentaire devrait être fournie sur des courbes dangereuses.

Panneaux, marquages et clous routiers

La sécurité routière est généralement facilitée par la fourniture de panneaux routiers, marquages et clous réfléchissants, qui donnent aux conducteurs des enseignements sur les routes, la géométrie routière etc.

Les panneaux routiers aident au règlement de la circulation en assignant les priorités de passage et en indiquant la réglementation en vigueur, en avertissant les usagers des routes des dangers et en les guidant par le moyen de renseignements supplémentaires. Le marquage routier joue un rôle complémentaire aux panneaux routiers en transmettant des renseignements de navigation, surtout en termes de la délimitation de différents éléments routiers tels que la largeur de la voie ou de la bordure de la chaussée. Des clous routiers, parfois avec de codage de couleurs, peuvent être utilisés pour compléter le marquage routier là où ce dernier est sujet à des conditions de visibilité mauvaise ou médiocre. On devrait se servir du Manuel de Panneaux Routiers de la CTCAA¹⁸ dans la mesure du possible afin de garder la cohérence à travers la région.

Des panneaux routiers généralement devraient être situés à proximité de la chaussée (c à d dans la zone dégagée) et en conséquence il est nécessaire de fournir de protection pour les véhicules dévoyés. Ceci peut se réaliser par l'emploi d'un dispositif simple cassant avec un support entaillé en bois.

Des panneaux, surtout les panneaux de danger et de police, devraient être entretenus en conditions saines (c à d leur réflexivité, propriété et visibilité), puis qu'ils ont un rôle essentiel en termes de la sécurité routière, en transmettant des renseignements sur la réglementation et les dangers en avance (par ex. des courbes brusques, des descentes raides, des zones à haute activité piétonne, etc.).

L'entretien régulier des bords de chaussée (coupage des herbes et des arbustes) est spécialement important à des virages, autour de panneaux routiers et là où des piétons et des animaux régulièrement traversent la route. Les pôles de services et les arbres dans la réservation routière sont dangereux aux véhicules quittant la route accidentellement et peuvent aussi avoir une incidence sur la visibilité. Il faut enlever de grands arbres du voisinage immédiat des bords des routes. L'emploi de barrières de protection de haute qualité est efficace de point de vue de sécurité, mais ceci est très coûteux. Des genres plus simples de barrières de protection ou des délinéateurs construits de pôles peints en bois peuvent être utilisés en place des genres normaux de barrières de protection.

Dans le cas de contraintes financières, la priorité pour le placement et l'entretien des panneaux devrait être donnée à des panneaux de police et de danger. La réflexivité des panneaux routiers devrait être adéquate pour ce but, avec de réflexivité accrue pour les panneaux de danger et peu ou point de réflexivité pour les panneaux de guidage. L'idéal serait que les panneaux soient réfléchissants, mais l'emploi de la peinture ordinaire est préférable à l'absence totale d'un panneau. Les clous routiers ne devraient être considérés que sur les tranches routières où la brume est répandue. Généralement ils peuvent être supprimés sur les accotements et remplacés par des lignes de rive, puisqu'ils sont susceptibles à d'usure considérable.

Canalisation de Véhicules

Des panneaux de danger et des réductions des limites de vitesse sont spécialement importants près des zones localisées d'activité intense, telles que les tranches routières avec d'urbanisation linéaire, où la distance de visibilité pour des manœuvres normales de dépassement est insuffisante, ou sur les crêtes de collines. Des dispositifs de modération de vitesse peuvent aussi être utilisés comme des mesures autorégulatrices là où les panneaux de danger et les limites de vitesse sont peu respectés.



Des mesures simples et innovatrices peuvent aider à séparer le trafic et améliorer la situation de sécurité routière du trafic non motorisé dans des espaces bâtis.



Des croisements dédiés accroissent la sécurité de piétons s'ils sont situés et marqués correctement.



En dissuadant des conducteurs de se servir des accotements des routes, l'emploi de rampes ralentisseurs peut améliorer la sécurité des piétons et des cyclistes.

Le moyen le plus facile et le moins coûteux de séparer le trafic piéton et véhiculaire est d'employer de marquage routier (c à d la délimitation des accotements). Ce marquage peut être en peinture blanche, mais l'emploi d'une autre couleur (par ex. jaune) aide à identifier la fonction particulière du marquage. Cependant, des bordures et même des barrières de protection peuvent être utilisées pour séparer les piétons et véhicules physiquement. Elles peuvent aussi être utilisées pour offrir de protection supplémentaire à des piétons sur des ponts et d'autres ouvrages d'art. S'il y a assez de place dans des zones à déplacement intense de piétons, un trottoir (qui peut être élevé avec une bordure pour décourager son utilisation par des véhicules) peut être fourni, soit le long de la route même, soit (préférentiellement) séparé par une bordure de quelque sort, soit en terre, soit gazonné.

Même sur des routes à faibles volumes de circulation il y aura des zones où les déplacements piétons ou véhiculaires seront suffisamment importants pour que les piétons devraient être fournis de l'aide pour les permettre à traverser la route en sécurité. Ceci peut nécessiter la fourniture de passages piétons protégés par des balises, avec ou sans des refuges centraux, qui devraient être clairement indiqués. Aussi bien que d'offrir de protection aux piétons, les traversées et les refuges promeuvent la modération de la circulation et encouragent les piétons à traverser là où il est plus sûr.

Aires de Parking, Points d'Arrêt et Voies de Dépassement

Si la topographie de la route le permet, on devrait pourvoir à des véhicules qui s'arrêtent et se garent. Ainsi la conception routière devrait prendre en compte le besoin d'arrêts bus, l'emplacement de marchands (autorisés ou non autorisés), de stands, de magasins et d'écoles. Des aires de stationnement hors chaussée pour des pousse-pousse, taxis etc. devraient également être mis à disposition.

Là où il y a des pentes raides, on peut pourvoir au dépassement sûr de camions et d'autobus lents par de véhicules plus rapides. Ceci peut être réalisé par la mise à disposition d'une voie supplémentaire réservée aux véhicules lents ou de points arrêt intermittents que des véhicules lents peuvent entrer afin de laisser dépasser les files de véhicules. Cependant, dans le cas des RRFVC, les aspects coût-avantages de telles mesures devraient être considérés soigneusement.

A la fin des descentes raides, il faut fournir des dispositions de secours pour des véhicules dont les conducteurs ont perdu le contrôle, résultant de panne de freinage ou de vitesse excessive. Par exemple, des lits en gravier peuvent être construits pour arrêter des véhicules dont les conducteurs ne sont plus maîtres de leur manœuvre, et tout objet dangereux devait être protégé ou enlevé.

Mesures de Modération de la Circulation

Bien que les mesures de modération de la circulation soient généralement destinées pour la réduction de vitesse et la déviation de trafic (diminution des volumes de circulation) dans les zones urbaines, il y a un nombre de mesures qui sont convenables à des RRFVC. Celles sont généralement utilisées sur ces tranches de route où il y a une proportion importante d'usagers de route non protégés et vulnérables (piétons, cyclistes et des véhicules tirés par des animaux etc.) ou là où il y a un changement localisé (imprévu) de la vitesse de référence. Des mesures de modération de la vitesse peuvent être catégorisées en fonction de la mesure où ils peuvent avoir un impact, à savoir:

- Des mesures localisées de modération de la circulation, y compris des panneaux de danger, des rampes de ralentissement, des bandes rugueuses, des bandes sonores, des pincements de chaussée, des giratoires, de même que l'emploi de textures et couleurs différents pour la surface de la route
- Des mesures continues de modération de la circulation, tels que des rampes ralentisseurs, le long d'une tranche d'une route.



Les rampes ralentisseurs bien conçus représentent un moyen efficace de ralentir la circulation.



Des bœufs égarés constituent un hazard pour la circulation dans certains pays.



L'éducation de la sécurité routière est un outil important de sensibilisation chez les élèves.

Des rampes ralentisseurs constituent une des mesures localisées les plus efficaces de modération de la circulation, mais elles exigent une exactitude de conception et de construction pour réaliser un parcours confortable aux vitesses requises mais qui sont inconfortables pour des conducteurs excédant ces vitesses.

Des bandes rugueuses, en association avec les panneaux de signalisation et/ou avec des rampes de ralentissement, sont des mesures de modération de circulation qui sont utilisées afin de réaliser une réduction de vitesse avant un endroit dangereux. L'acceptation par la communauté est essentielle pour la mise en application efficace des dispositifs de modération de la circulation.

On peut aussi se servir du dimensionnement physique de la chaussée pour faire respecter les limites de vitesse, par exemple, en réduisant les largeurs des voies. Cependant, ceci devrait être balancé contre le besoin de possibilités de dépassement, qui est généralement dicté par le mélange du trafic. Le rétrécissement visuel de route peut avoir un effet semblable au rétrécissement physique et peut être réalisé par l'emploi de lignes de rive ou par la suppression des lignes médianes

Animaux

Beaucoup de communautés rurales font paître leur bétail, tels que leurs vaches et chèvres, sur la végétation des bords des routes. L'idéal serait que ces animaux devraient être mis à l'attache ou surveillés. Ceci peut être encouragé par la mise à disposition des programmes d'enseignement aux communautés.

Des animaux domestiques ou des bêtes fauves peuvent également constituer un hazard pour les usagers des routes. Dans certains pays de la CDAA, on se sert de clôture, qui peut être efficace si elle est bien entretenue, mais en conséquence de ses coûts élevés, on l'emploie rarement le long des RRFVC. Et souvent, là où des clôtures ont été érigées, on ne ferme pas les entrées et il y a aussi des trous à cause de vols et de vandalisme, résultant en une diminution rapide de leur efficacité.

Eclairage urbain

Ceci peut aider la visibilité et la sécurité, mais il est coûteux et généralement non abordable dans le cadre des RRFVC. Il se peut, cependant, qu'il y ait des cas où on peut considérer l'éclairage routier, par ex. en traversant des espaces bâtis ou en passant devant des écoles, des hôpitaux ou des intersections très circulées.

4.5.2 Education et Exécution de la Loi

Education

L'éducation sur la sécurité routière (ESR) est un outil important de la sensibilisation chez les usagers des routes des problèmes et du comportement liés à la sécurité de la circulation et à la sécurité routière. Il implique faire apprendre aux enfants – et parfois aux adultes – à devenir des usagers plus sûrs. Ceci est réalisé par le développement de:

- La connaissance et la compréhension de trafic routier
- Les compétences du comportement requises pour assurer leur survivance en présence du trafic routier
- Une compréhension que leur sécurité dépend d'eux-mêmes
- Une connaissance des origines et conséquences d'accidents routiers
- Une attitude responsable en ce qui concerne leur propre sécurité et la sécurité d'autres parties.

L'ESR devrait être fournie au cours de l'enseignement formel par d'enseignants qualifiés qui sont munis des ressources appropriées. Cependant, on devrait aussi être connaissant du fait que pas tout enfant ne va à l'école et que beaucoup d'adultes n'ont jamais reçu de bonne information en sécurité routière. Ceci peut être surmonté par la mise à disposition de programmes communautaires d'éducation en sécurité routière en sus de l'enseignement formel dans les écoles. Là où les taux d'alphabétisation sont faibles, des méthodes spéciales d'enseignement peuvent être utilisées (par ex. le drame, la chante et la danse) tandis que l'éducation en sécurité routière peut être incorporée dans d'autres thèmes du programme scolaire (tels que la science et la géographie). L'ESR devrait être pertinente, pratique (participative) et régulière et devrait être dirigée au niveau d'enseignement et de développement social de l'enfant. En certaines situations les enfants mêmes peuvent être utilisés pour enseigner soit leurs parents soit d'autres enfants.

Des campagnes publicitaires de sécurité routière peuvent aussi faire accroître la conscience du public des problèmes et du comportement, d'augmenter la connaissance, de déterminer des attitudes et le comportement, aussi bien que de stimuler la discussion. Ces campagnes publicitaires pourraient comprendre des représentations locales dramatiques dans lesquelles on se sert des langues tribales afin de faire comprendre les gens analphabètes. Des ateliers communautaires, la radio, la télévision et le cinéma peuvent être utilisés efficacement.



Une campagne de sensibilisation de sécurité routière en cours.

Cadre 4.6 - Exemples d'initiatives innovatrices de sécurité routière.

La participation de la communauté a été utilisée en Swaziland pour la résolution de problèmes de sécurité routière. On vient de lancer un projet au cours duquel les enfants sont employés pour contrôler des animaux égarés sur les routes rurales pendant les périodes critiques de l'année (par ex. pendant les vacances de Pâques). On a aussi mobilisé la communauté pour construire de clôtures aux bords des routes. Les administrations routières ont fourni tous les matériels de construction. Une fois construites, la communauté participait à l'entretien continu des clôtures, qui leur est devenu une source valable d'emploi.

Application de la Loi

Le but de l'application de la loi routière est de réaliser le déplacement sûr et efficace de tout usager de la route, y compris le trafic non motorisé et les piétons. A cet égard, l'application des règlements de circulation (tels que les limites de vitesse, les panneaux arrêt et les règles aux traversées piétonnes) peut être utilisée pour l'amélioration importante du comportement des usagers de la route et de la sécurité.

Malheureusement, à cause de la pénurie d'agents instruits de la circulation, l'application des lois de circulation est inadéquate. Par conséquent, les conducteurs tendent d'enfreindre les règlements et souvent la désobéissance de la loi devient la norme. Cette situation souligne le besoin d'encourager l'application des lois de circulation avec plus de vigueur, y compris des campagnes bien présentées qui, préférablement, devraient être accompagnées d'éducation et de publicité. L'objectif devrait être l'amélioration du comportement (et de la sécurité) de la majorité des usagers des routes plutôt que "d'attraper" (et punir) un petit nombre. De plus, on ne devrait pas se servir de ces stratégies pour se faire d'argent – mais pour améliorer la sécurité.



L'application de la loi est une composante essentielle de l'amélioration de la sécurité routière.

4.6 Résumé

Les points principaux discutés dans ce chapitre sont:

1. La fonctionnalité et les caractéristiques du réseau des RRFVC dans la région de la CDAA diffèrent sensiblement de celles des pays industrialisés. Les opérations de circulation tendent à être assez complexes, consistant en un mélange de trafic motorisé et non motorisé, et il y a souvent une proportion assez importante de véhicules utilitaires.
2. Il n'existe pas de normes pour la conception géométrique des RRFVC chez les pays de la CDAA basées sur les recherches nationales d'aspects économiques et de sécurité. Les normes nationales sont généralement basées sur l'adaptation de celles développées dans les pays industrialisés et souvent ne pourvoient pas aux caractéristiques de l'environnement routier de la région.
3. Il n'existe aucun guide ou manuel unique qui peut être recommandé, puisque ceux qui sont disponibles sont basés sur des philosophies différentes et se sont fondus sur des hypothèses différentes ou se servent de critères différents pour l'élaboration de valeurs de conception pour les différents éléments de la conception géométrique.
4. Il est essentiel que le concepteur ait une compréhension profonde des critères et hypothèses fondamentales qui ont influencé le développement des guides ou manuels existant de conception ou qui ont été utilisés comme la base de leur adaptation, là où il était nécessaire, pour les rendre appropriés à l'environnement routier local.
5. La sécurité routière est un problème majeur, les taux d'accidents dans la région étant parmi les plus élevés du monde. Il y a un besoin primordial d'incorporer des mesures de sécurité dans le processus de la conception géométrique. Il faut introduire des audits de sécurité routière comme partie du processus de conception routière dans tout pays.
6. L'information en la sécurité routière et l'application de la loi sont des facteurs-clé auxquels la priorité absolue devrait être donnée, afin d'encourager une culture de sécurité routière pour tout usager des routes de n'importe quel âge.

Dans ce chapitre les approches conventionnelles de conception géométrique, et celles établies plus récemment, surtout dans le contexte de sécurité routière, ont été discutées. La nécessité d'adopter des normes appropriées a été soulignée, aussi bien que la nécessité d'améliorer la situation effroyable de la sécurité routière. Les normes de conception auront un impact sur la conception routière et le revêtement routier – des thèmes qui seront abordés dans le Chapitre 5.

4.7 Références et Bibliographie

Références

1. American Association of State Highway and Transportation Officials (1990). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C., Etats-Unis.
2. AUSTRROADS (1989). *Rural Road Design: Guide to the Geometric Design of Rural Roads*. 7th Edition. Austroads: Sydney, Australie.
3. Gichaga F J and N A Parker (1988). *Essentials of Highway Engineering*. Macmillan Publishers Ltd, London and Basingstoke, Royaume Uni.
4. Ross A (1998). *Road Safety in Developing Countries*. Jour. Inst. of Highways and Transportation, Londres, Royaume Uni, avril 1988.
5. Transport Research Laboratory, Ross Silcock Partnership and Overseas Development Administration (1991). *Towards Safer Roads in Developing Countries - A Guide for Planners and Engineers*. TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
6. Austroads (1994). *Road Safety Audits*, Sydney NSW, Australie.
7. Hoque M M, M McDonald and R D Hall (1998). *Relevance and Introduction of Road Safety Audit in Developing Countries*, AUSTRROADS International Road Safety Audit Forum, Melbourne, Australie.
8. CSIR Transportek (2001). *G2 Geometric Design Manual*, CSIR, Pretoria, Afrique du Sud.
9. Transport and Research Laboratory (1988). Overseas Road Note 6, *A Guide to Geometric Design*, TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
10. National Association of Australian State Road Authorities (1980). *Interim Guide to the Geometric Design of Rural Roads*. Sydney, Australie.
11. Austroads (1989). *Rural Road Design - Guide to the Geometric Design of Rural Roads*, Sydney, Australie.
12. Giummarra G (2001). *Road Classifications, Geometric Designs and Maintenance Standards for Low-volume Roads*. Research Report AR 354, ARRB Transport Research Ltd, Vermont South, Victoria, Australie.
13. Carl Bro International. (1990). *Recommendations on Road Design Standards. Volume 1: Geometric Design of Rural Roads*. Southern Africa Transport and Communications Commission (SATCC), Maputo, Mozambique.
14. Federal Highway Administration. (2001). *Geometric Design Practices for European Roads, Mobility, Safety, Community Issues, Context Sensitive Design*, US Department of Transportation, Washington, D.C., Etats-Unis.
15. McClean J R (1979). *Review of the Design Speed Concept*. Australian Road Research Board 8 (1), 3-16. Sydney, Australie.
16. McClean J R (1979). *An Alternative to the Design Speed Concept for Low Speed Alignment Design*. Proc. 2nd Int. Conf. on low-volume roads, Transport Research Record 702, 55-63, TRB, Washington, D.C., Etats-Unis.

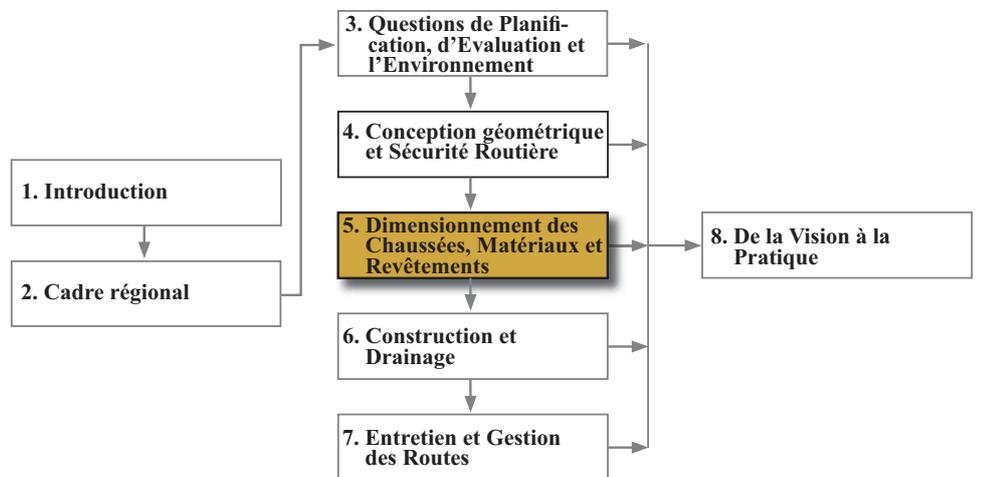
17. McClean J R (1977). *Geometric Road Design - Some Recent Research*. Proc. 15th ARRB Regional Symposium, Australie.
18. Southern Africa Transport and Communications Commission (1990). *The SATCC Road Traffic Signs Manual*, SATCC, Maputo, Mozambique.

Bibliographie

- Assum T (1998). *Road Safety in Africa: Appraisal of Road Safety Initiatives in Five African Countries*, SSATP Working Paper No. 33, The World Bank, Washington, D.C., Etats-Unis.
- Boyce A M, M McDonald, M J Pearce and R Robinson (1988). *A Review of Geometric Design and Standards for Rural Roads in Developing Countries*, Contractor Report 94, TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- Committee of Land Transport Officials (1999). *South African Road Safety Manual Volume 4 : Road Safety Audits (Final Draft)*, Pretoria, Afrique du Sud.
- Committee of Land Transport Officials (1999). *South African Road Safety Manual Volume 6: Roadside Hazard Management (Final Draft)*, Pretoria, Afrique du Sud.
- Committee of Land Transport Officials (1999). *South African Road Safety Manual Volume 7: Design for Safety (Final Draft)*, Pretoria, Afrique du Sud.
- Cron F W (1978). *A Review of Highway Design Practices in Developing Countries*. Reprinted in Transportation Technology Support for Developing Countries, Compendium 1, Geometric Design Standards for Low-volume Roads. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., Etats-Unis.
- Dhliwayo, M E (1997). *A Review of the Road Safety Situation in Africa*, Proc. 3rd African Road Safety Conference, Pretoria, Afrique du Sud.
- Dixon JA, RA Carpenter, LA Fallon, PB Sherman and S Manipomoke (1986). *Economic Analysis of the Environmental Impacts of Development Projects*. Earthscan Publications Ltd., Londres, Royaume Uni.
- Downing A J et al. (1991). *Road Safety in Developing Countries: An Overview*. PTRC 19th Summer Annual Meeting. Proc. of Seminar C. University of Sussex, Royaume Uni.
- Hills B L, R S Mansfield and R Robinson (1984) *Appropriate Geometric Design Standards for Roads in Developing Countries*. Int. Conf. On Roads and Development, Paris, France, du 22 au 25 mai 1984 (Révisé en 1986).
- Institute of Highways and Transportation (1990). *IHT Guidelines for the Safety Audit of Highways*, Londres, Royaume Uni.
- Jacobs G and A Aeron-Thomas (2000). *Africa Road Safety Review Final Report*. U.S. Department of Transportation/Federal Highway Administration, Washington, D.C., Etats-Unis.
- Kosasih D, R Robinson and J Snell (1987). *A Review of Some Recent Geometric Road Standards and Their Applications to Developing Countries*. TRL Research Report 114, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.

- Lebo J and D Schelling (2001). *Design and Appraisal of Rural Transport Infrastructure-Ensuring basic Access for Rural Communities*, World Bank Technical Paper No. 496, Washington, D.C., Etats-Unis.
- Lötter H J S (1999). *Road Safety Diagnostic System for South Africa*. Linköping Institute of Technology, Linköping University, Linköping, Suède.
- McClellan J R (1978). *The Role of Geometric Standards*. Second Conference of the Road Engineering Association of Asia and Australasia, Better Roads as Instruments of Progress, Vol. 2, Manila, Les Philippines.
- McClellan J R and J B Metcalf (1985). *Economic Design Standards for Low Traffic Roads*. ARRB, Sydney, NSW, Australie.
- National Road Safety Council of Kenya. (1990). *Manual on Accident Prevention Using Low-Cost Engineering Countermeasures*. Ministry of Public Works, Nairobi, Kenya.
- Neuman T R (1999). *Design Guidelines for Very Low-volume Local Roads (<400 ADT)*, Final Report of NCHRP Project 20-7(75), CH2M Hill Chicago, Illinois, Etats-Unis.
- Ogden K W (1996). *Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering*, Avebury Technical.
- Oglesby C H and M J Altenhofen (1969). *Economics of Design Standards for Low-volume Rural Roads*. NCHRP Report 63. Highway Research Board, National Research Council, National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, Washington, D.C., Etats-Unis.
- Robinson R (1981). *The Selection of Geometric Design Standards for Rural Roads in Developing Countries*. TRL Supplementary Report 670, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- Ross A (1992). *Road Safety Checks*. Infrastructure Notes, Infrastructure and Urban Development Department, World Bank, Washington, D.C. Etats-Unis.
- South African Roads Board (1991). *Implications of Alternative Standards for South African Rural Roads*, Interim Report IR 91/112/1, Pretoria, Afrique du Sud.
- South African Roads Board (1989). *The Design, Construction and Maintenance of Low-volume Roads and Bridges in Developing Areas*, Report S89/2, Pretoria, Afrique du Sud.
- Thagesen B (Ed.) (1996). *Highway and Traffic Engineering in Developing Countries*, Publisher: E & F Spon, Londres, Royaume Uni.
- Transport Research Laboratory (2002). *Cost and Safety Efficient (CaSE) Design of Rural Roads in Developing Countries*. TRL Unpublished Report PR/INT/242/2002, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- Transport Research Laboratory/Department for International Development (2001). *CaSE Highway Design Note 2/01: Horizontal Curves*, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- Transport Research Laboratory/ Department for International Development (2001). *CaSE Highway Design Note 3/01: Vulnerable Road Users*, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- Transport Research Laboratory/ Department for International Development (2001). *CaSE Highway Design Note 4/01: Roadside, Village and Ribbon Development*, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.

Chapitre 5



Dimensionnement des chaussées, matériaux et revêtement

5

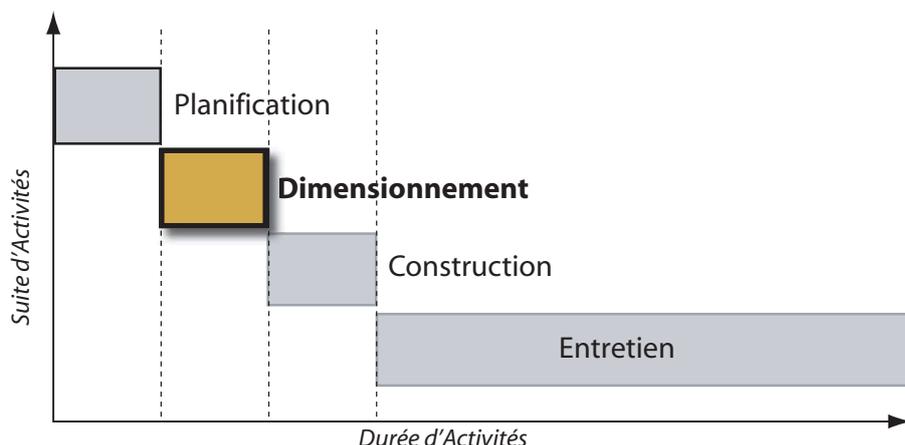
5.1	Introduction	5	- 1
	5.1.1 Dimensionnement des Chaussées	5	- 1
	5.1.2 Matériaux	5	- 2
	5.1.3 Revêtement.....	5	- 3
	5.1.4 But et Portée du Chapitre	5	- 3
5.2	Terminologie des Chaussées, Matériaux et des Revêtements	5	- 4
	5.2.1 Composantes.....	5	- 4
	5.2.2 Conditions requises d'une Chaussée.....	5	- 5
	5.2.3 Performance.....	5	- 6
	5.2.4 Perception des Causes de la Dégradation des RRFVC..	5	- 7
	5.2.5 Terminologie.....	5	- 8
5.3	Matériaux.....	5	- 10
	5.3.1 Formation et le Classement	5	- 10
	5.3.2 Caractéristiques des Matériaux pour la Construction Routière	5	- 13
	5.3.3 Amélioration des Sols.....	5	- 18
	5.3.4 Spécifications	5	- 20
	5.3.5 Prospection.....	5	- 22
	5.3.6 Essais	5	- 23
	5.3.7 Inventaire des Matériaux	5	- 25
5.4	Dimensionnement de Chaussées	5	- 27
	5.4.1 Objectif	5	- 27
	5.4.2 Système de Dimensionnement de Chaussées.....	5	- 27
	5.4.3 Données variables d'Entrée	5	- 28
	5.4.4 Processus de Conception	5	- 37
	5.4.5 Données de Sortie de la Conception	5	- 42
5.5	Revêtement	5	- 43
	5.5.1 Introduction	5	- 43
	5.5.2 Objectif	5	- 43
	5.5.3 Rôle et Fonction des Revêtements	5	- 43
	5.5.4 Genres de Revêtements et leurs Caractéristiques de Performance	5	- 44
	5.5.5 Composants, Propriétés et Spécifications.....	5	- 46
	5.5.6 Sélection du genre de Revêtement	5	- 51
	5.5.7 Dimensionnement de Revêtements.....	5	- 56
5.6	Résumé	5	- 57
5.7	Références et Bibliographie	5	- 58

Dimensionnement des chaussées, matériaux et revêtement

5

5.1 Introduction

5.1.1 Dimensionnement des Chaussées



Le but du dimensionnement des chaussées est de réaliser une structure économique, en termes des genres des matériaux et des épaisseurs des assises, qui peuvent résister aux actions de la circulation anticipée pendant une période déterminée, sans dégrader au-dessous d'un niveau prédéterminé de service. Ce dernier représente un défi pour les concepteurs puisque, en général, les méthodes actuelles de dimensionnement des chaussées, même celles développées dans la région de la CDAA, s'adressent à des taux relativement élevés de circulation (> 0,5 millions d'Essieux Standard Equivalents (ESE)). En conséquence, il arrive souvent que telles méthodes ne soient pas appropriées pour les routes revêtues à Faible Volumes de Circulation (RRFVC), sur lesquelles des sollicitations provoquées par l'environnement plutôt que par la circulation tendent à jouer un rôle dominant dans la dégradation de la chaussée. Ainsi, il est nécessaire d'être très perspicace dans l'application des méthodes actuelles de dimensionnement des chaussées et de les adapter là où il est nécessaire, afin de les rendre appropriées aux conditions dominantes du climat, des matériaux, des sollicitations de la circulation et des autres éléments liés.

Le résultat du processus de dimensionnement, en termes du type de structure choisi, est influencé par les phases précédentes de la planification et du dimensionnement géométrique, et ce résultat, à son tour, définit maints aspects des besoins de la construction. Il influe également sur le niveau et le type d'entretien nécessaire à maintenir la chaussée au niveau de service prévu. Afin d'assurer un résultat heureux il y a besoin de s'assurer qu'on entreprend le procès de dimensionnement d'une manière holistique qui tient compte d'une variété de facteurs déterminants, qui étaient examinés dans le Chapitre 3.

5.1.2 Matériaux

Les sols et graviers qui se trouvent dans la nature constituent une source importante des matériaux requis pour la construction d'une RRFVC, à cause du fait que l'exploitation de ces matériaux est moins coûteuse que celle des matériaux traités, telles que des roches concassées. De plus, dans beaucoup de pays de la région de la CDAA, ces matériaux sont souvent les seuls matériaux disponibles à une distance convenable de roulage de la route. Ainsi, à cause de l'influence importante des matériaux qui se trouvent dans la nature sur les coûts des RRFVC, (typiquement de l'ordre de 70 pour cent), il est impératif que ces matériaux soient utilisés au maximum dans la construction routière.

Malheureusement, beaucoup de matériaux qui se trouvent dans la nature dans la région de la CDAA sont souvent décrits comme "non classiques", "marginiaux", "économiques" ou même "de qualité inférieure"! Ceci est parce que ces matériaux ne sont pas en mesure de satisfaire les spécifications qui, généralement, sont basées sur la pratique européenne ou nord-américaine, et qui ne prévoient pas les conditions locales actuelles. Cependant, il y a beaucoup d'exemples de matériaux qui se trouvent dans la nature, telles que la latérite et les croûtes calcaires ("calcrète"), dont on a constaté de bons résultats, malgré leur "qualité inférieure" liée à leur gradation, plasticité ou résistance. Là où on a constaté des défaillances, les résultats des examens ont montré qu'il était probable que la construction de mauvaise qualité ou des problèmes de drainage en étaient la cause, plutôt que les matériaux mêmes.

L'utilisation de matériaux locaux nécessite non seulement une bonne connaissance de leurs propriétés et comportement, mais aussi une connaissance des sollicitations imposées par la circulation et par l'environnement physique et de leurs actions réciproques. De plus, elle nécessite l'emploi des méthodes et normes appropriées de dimensionnement, aussi bien que des spécifications pour les matériaux, s'ajoutant à une qualité de construction qui conforme aux normes et spécifications prescrites.

Cadre 5.1 - Le Défi posé par l'Utilisation des Graviers Naturels

- A cause de leur mode de formation, qui implique des procès intensifs d'altération, beaucoup de matériaux utilisés dans les pays de la CDAA pour la construction routière tendent à être très variables et sensibles à l'humidité. Ceci nécessite l'emploi de techniques appropriées de construction et la réalisation de drainage adéquate, tant interne qu'externe.
- Les méthodes classiques d'essai qui, en la plus grande partie, se sont développées des résultats de l'expérience des sols dans les zones tempérés, ne rendent pas toujours une vraie évaluation du comportement des matériaux locaux lorsqu'on s'en sert pour la construction routière.
- Les spécifications classiques s'appliquent à des matériaux "idéaux" et très souvent préviennent l'emploi de beaucoup de matériaux qui se trouvent dans la nature (les latérites, croûtes calcaires etc.), malgré leur comportement satisfaisant en service.

Les croûtes calcaires et les latérites sont des exemples typiques des graviers naturels dont l'emploi dans la couche de base est considéré inapproprié. Cependant, l'expérience et les résultats des études approfondies ont montré que ces matériaux peuvent être utilisés avec du succès dans les assises supérieures des chaussées.



Une croûte calcaire se trouvant dans la nature sous une couche mince de terrains de couverture.

Le terme "gravier naturel" désigne le matériau graveleux qui se trouve dans la nature (par ex. la latérite) qu'on peut utiliser sans concassage. Il se peut que du traitement soit nécessaire pour enlever ou concasser le refus du crible. Cependant, il y a une distinction entre ces graviers "naturels" et les matériaux provenant des roches dures et qui sont désignés par le terme "couche de base en pierre concassée".

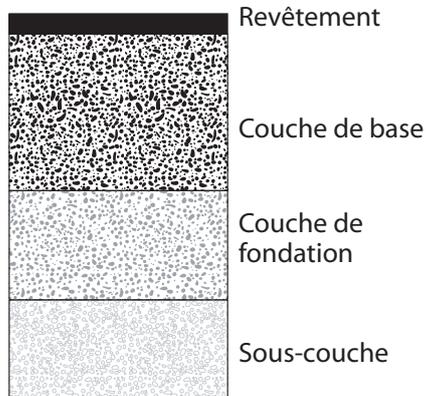
5.1.3 Revêtement

Là où les sources de gravier pour l'entretien des routes non-revêtues sont en train de diminuer, la réalisation d'une couche de roulement bitumineuse d'une RRFVC présente beaucoup d'avantages techniques, économiques et environnementaux et, dans beaucoup de cas, est inévitable. Cependant, à cause des taux relativement faibles de la circulation, il y a besoin de fournir une surface durable aux coûts de durée de vie les plus bas possibles. Malheureusement, les spécifications actuelles des revêtements bitumineux classiques sont très exigeants et empêchent l'utilisation des matériaux locaux qui auraient pu être convenables.

La mise à disposition d'un revêtement sur une route en gravier nécessite l'emploi innovateur des matériaux locaux, qui souvent peuvent être "de qualité non classique", là où les coûts de l'emploi des matériaux conventionnels seraient prohibitifs. Heureusement, en plus de l'enduit superficiel classique, il existe un nombre d'alternatifs qui, malgré le fait qu'ils ne sont pas encore largement utilisés, peuvent offrir des solutions très coût-efficaces.

5.1.4 But et Portée du Chapitre

Le but principal de ce chapitre est de fournir des directives génériques du dimensionnement des routes revêtues à faibles volumes de trafic en utilisant les matériaux locaux dans la plus large mesure possible. Le chapitre est basé sur les études et les développements dans la région de la CDAA en ce qui concerne l'émergence des méthodes de dimensionnement, des spécifications et méthodes d'essai plus appropriées. Le but principal de cette approche est de des porter au maximum la réalisation des résultats des recherches antérieures, qui existent actuellement en une façon disparate et qu'on n'a pas encore synthétisé adéquatement et présenté en un format recouvrable pour la dissémination et mise en application.

Structure typique d'une chaussée**5.2 Terminologie des Chaussées, Matériaux et des Revêtements****5.2.1 Composantes**

Ordinairement une chaussée comprend les trois composantes primaires suivantes:

- Le revêtement
- La structure de la chaussée (base et couche de fondation)
- La sous-couche

La structure typique d'une RRFVC consiste en un revêtement superficiel mince sur une ou plusieurs sous-couches de gravier naturel.

Revêtement

Le revêtement est l'assise la plus haute de la chaussée et constitue l'interface avec le trafic et l'environnement. Ordinairement il consiste soit en une sorte d'enduit superficiel imperméable bitumineux et non-structurel, soit en une assise structurelle d'un enrobé bitumineux à chaud.

Couche de base

La couche de base est l'assise principale qui supporte et diffuse le chargement sur la chaussée dans toutes les autres assises et normalement consiste en des graviers naturels, des sols graveleux, des pierres altérées, des sables et des argiles sableuses. Les matériaux les plus faibles sont souvent stabilisés avec du ciment, de la chaux ou du bitume. Sur les routes portant des volumes relativement forts de circulation, on peut également utiliser du béton bitumineux et des pierres concassées.

Couche de fondation

La couche de fondation est l'assise secondaire de la chaussée, diffusant la charge imposée par le trafic, et consiste ordinairement en un matériau d'une qualité inférieure à celui utilisé dans la couche de base. Cette assise protège la sous-couche et, plus important, se sert comme un support pour l'outillage de construction et aussi comme une plate-forme dure contre laquelle le compactage de la couche de base peut être réalisé.

Sous-couche

La sous-couche est l'assise supérieure du sol naturel qui supporte la structure de la chaussée. Elle peut consister en de matériau local qui n'a pas été remué ou en de matériau importé d'ailleurs et utilisé comme remblai. Dans tous les deux cas, elle est compactée pendant la construction afin d'augmenter sa résistance. Les caractéristiques finales de la résistance de l'assise indiquent le genre de structure requise pour la chaussée, en termes des épaisseurs des assises et de la qualité des matériaux, afin de réduire la charge superficielle à une magnitude qui peut être supportée sans déformation permanente inacceptable.

Chaussée

La chaussée est la section de la route qui est ordinairement réservée pour la circulation véhiculaire. Dans beaucoup de pays de la CDAA ce trafic peut être motorisé ou non motorisé.

Les accotements remplissent plusieurs fonctions, y compris celle du support latéral de la structure de la chaussée et celle d'accommodation de véhicules arrêtés. Les accotements peuvent être revêtus ou non-revêtus, dont les implications sont examinées dans la Section 5.4.3.

Chacun des composants de la structure de la chaussée fait partie d'une coupe transversale typique, comme l'indique la Figure 5.1.

Le dimensionnement d'une RRFVC peut nécessiter une approche différente pour chacune des paramètres de la chaussée, par comparaison avec la conception traditionnelle.

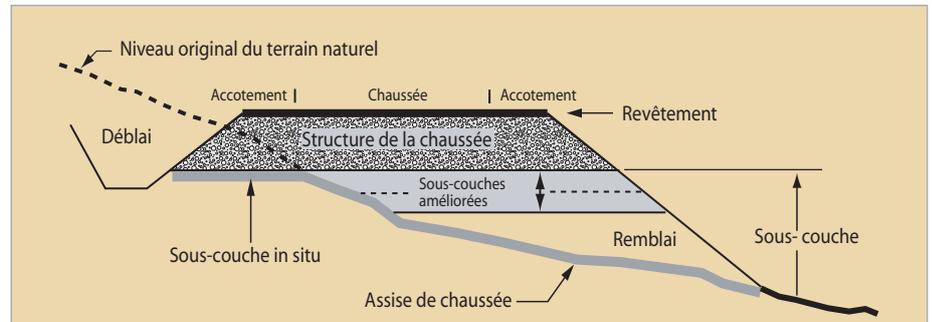


Figure 5.1 - Coupe transversale d'une chaussée typique

5.2.2 Conditions requises d'une chaussée

Le dimensionnement d'une chaussée devrait remplir les conditions tant fonctionnelles que structurelles. En termes de sa fonction, la chaussée devrait faciliter les mouvements du trafic en sécurité, en confort et efficacité, à un coût minimal ou "raisonnable". En termes de structure, elle est une structure porteuse qui devrait fonctionner sous les conditions dominantes du trafic et de l'environnement, avec l'entretien minimal.

La structure de la chaussée transmet les charges à roue de la surface à l'assise sous-jacente. Comme indiqué dans la Figure 5.2, la charge à roue ou la pression à la surface est réduite au sein de la structure de la chaussée, en étant repartie sur une superficie large de sous-couche. Les caractéristiques de force du sol de la sous-couche indiquent le genre de structure requise pour la chaussée afin de faire repartir la charge appliquée et de la réduire à un niveau qui peut être supporté par la sous-couche.

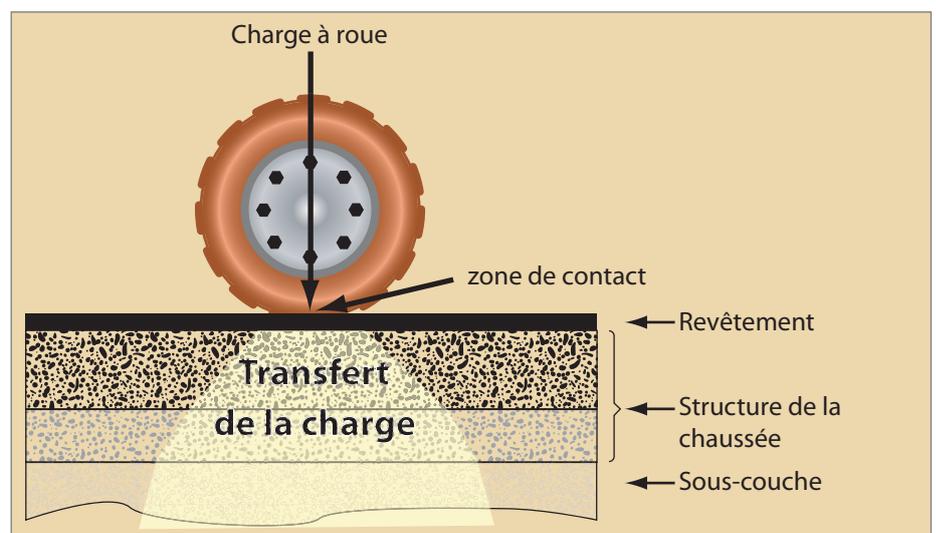


Figure 5.2 - Diffusion de la charge à roue à travers de la structure de la chaussée

5.2.3 Performance

Les chaussées se dégradent avec le temps pour plusieurs raisons, dont les plus importantes sont :

- Les effets environnementaux
- Les sollicitations du trafic, y compris les effets des charges à roue, des pressions des pneus, et le nombre et niveau des efforts appliqués.

L'effet de ces facteurs est de réduire la qualité superficielle de la chaussée, comme indiqué par des caractéristiques visibles évidentes, telles que la rugosité superficielle, l'orniérage et la fissuration, comme l'indique la Figure 5.3.

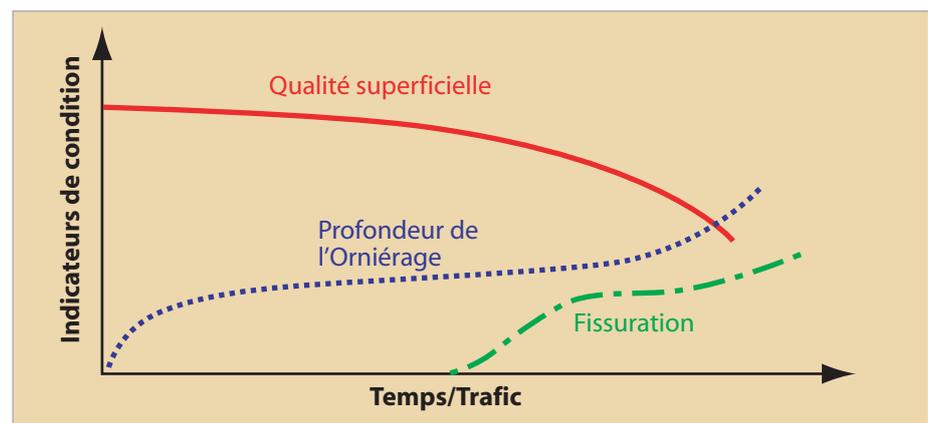


Figure 5.3 - Caractéristiques et indicateurs généralisés du comportement des chaussées



La fissuration du revêtement principalement à cause de l'oxydation et du durcissement conséquent du liant bitumineux.

En fin de compte, le défi posé par le bon dimensionnement routier est de réaliser une chaussée qui remplit ses fonctions à un coût minimal pour sa durée de vie pour un niveau optimal de service. Cependant, des interventions positives sous la forme d'entretien ponctuel et approprié seront nécessaires afin d'assurer que des hypothèses faites pendant la phase conceptionnelle demeurent vraies le long de la durée de vie envisagée.

Effets environnementaux

Les effets environnementaux produits par des facteurs climatiques, y compris la température et la pluviosité, jouent un rôle spécialement important dans le comportement des routes à faibles volumes de trafic. Par exemple, des températures élevées peuvent accélérer le durcissement des liants dans les couches de roulement des routes à cause de l'oxydation et de la perte des volatiles, résultant en la perte de souplesse et l'enchevêtrement des agrégats et la rupture cassante de l'assise.

Une précipitation élevée peut aboutir au changement de la teneur en eau des matériaux de la chaussée et de la couche, qui, là où il y a du drainage médiocre et des matériaux sensibles à l'humidité, peut avoir un impact défavorable sur la structure de la chaussée et sur son comportement sous le trafic (Section 5.3.2).

Il se peut que la carbonation des matériaux stabilisés avec du chaux ou du ciment puisse aussi se produire. Ceci est le résultat d'une réaction entre des agents stabilisants et l'acide carbonique dans l'air ou sous les chaussées et aboutit à l'affaiblissement du matériau (Section 5.3.3).

Du dommage peut également se produire dans les revêtements routiers à cause de la cristallisation de sels. Cet effet est prédominant dans les climats secs et/ou en circonstances où les routes ont été construites de matériaux ou d'eau avec des teneurs en sels relativement élevés (par ex. les déchets des mines) (Section 5.3.3).

L'hydrogénèse est la migration du vapeur de l'eau vers le haut dans la chaussée qui, sous certaines conditions climatiques, se condense sous le revêtement de la route. Les effets défavorables de l'hydrogénèse sur les chaussées n'ont pas été encore quantifiés à fond (Section 5.4.4).

Charge du Trafic

La charge du trafic est responsable de l'évolution de l'orniérage et de la fissuration qui ont leur origine au sein de la structure de la chaussée. Chaque véhicule sur la route occasionne une petite déformation temporaire ainsi qu'une petite déformation permanente dans la structure de la chaussée. Le passage de beaucoup de véhicules a un effet cumulatif qui aboutit progressivement à une déformation permanente et/ou à la fissuration résultant de la fatigue. Les véhicules surchargés, qui sont répandus dans la région de la CDAA provoquent une quantité disproportionnée de dommage à la structure des chaussées, en accélérant cette dégradation.

Sur les routes à faibles volumes de trafic l'absence des charges du trafic peut aussi aboutir à l'effilochement et à la fissuration superficielle. Ceci se produit parce que l'action pétrisseuse du trafic maintient le bitume "vivant", c à d souple.

Il est remarquable que la plupart des manuels sur le dimensionnement des chaussées aient la tendance de se concentrer sur des facteurs liés à la charge, alors que la détresse imputable à l'environnement est souvent le mécanisme principal de la détresse des routes à faibles volumes de circulation. La signification de ces facteurs est examinée dans la Section 5.4.3.

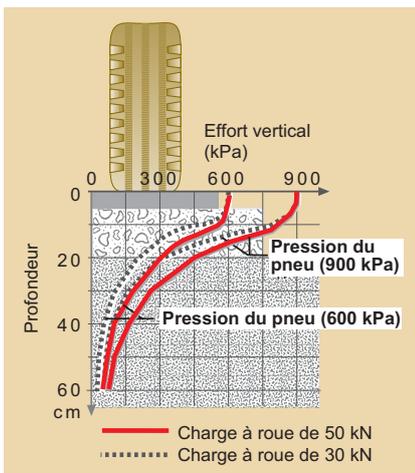


Un exemple de l'orniérage dû à la déformation permanente de la couche de base occasionnée par la densification du matériau.

Pression des Pneus

La pression des pneus est un paramètre important qui peut influencer sur le comportement des RRFVC. Les pressions répandues des pneus se sont accrues au cours des années et sont actuellement beaucoup plus élevées (de l'ordre de 900 – 1 000 kPa) que celles des pneus utilisés dans des expériences-clés routiers, telles que l'Expérience Routière AASHO¹ (550 kPa), sur les résultats desquelles beaucoup de méthodes empiriques de dimensionnement routier sont basées.

Les pressions élevées de contact pneu-chaussée répétées ont l'effet d'engendrer des efforts élevés de cisaillement dans les assises supérieures des chaussées. Ordinairement ça ne pose pas de problèmes là où les chaussées ont été bien dimensionnées et réalisées. Cependant, dans certaines situations, par exemple sur de fortes pentes ou dans les zones à drainage médiocre où des matériaux à résistance faible et sensibles à l'humidité ont été utilisés, les pressions des pneus peuvent être problématiques et aboutir à la fissuration des couches de surface, à l'orniérage résultant de la déformation plastique d'une ou plusieurs des assises de la chaussée, résultant en la poussée (pauvre résistance au cisaillement) de la couche de base et en la détérioration des agrégats faibles. En telles situations, on devrait observer des contre-mesures appropriées de dimensionnement et de réalisation.



Répartitions des efforts en fonction de la profondeur dans une chaussée soumise aux charges à roue².

5.2.4 Perception des causes de la dégradation des RRFVC.

Les effets de dégradation des RRFVC, notés au cours des ateliers conduits dans plusieurs pays de la CDAA, sont résumés dans le Tableau 5.1.

Tableau 5.1 - Effets de la dégradation sur les RRFVC

Paramètre	Facteurs liés
Drainage médiocre	<ul style="list-style-type: none"> ● Venue d'eau dans la structure de la chaussée ● Entretien insuffisant des structures de drainage ● Drainage médiocre à côté des routes/dégradation par des eaux en crue ● Dimensionnement géométrique inférieur
Entretien inadéquat	<ul style="list-style-type: none"> ● Entretien inférieur/manque d'entretien/entretien insuffisant ● Techniques médiocres d'entretien ● L'intégrité de l'enduit de scellement/retard de réalisation de l'enduit superficiel/des fissures non scellées

La Surcharge	<ul style="list-style-type: none"> ● Des charges imprévues après le dimensionnement ● Des pressions de contact très élevées des pneus, quelquefois liées à l'affaiblissement des couches de base supérieures à cause de concassage ou de carbonation
Qualité de Construction	<ul style="list-style-type: none"> ● Compactage inadéquat ou médiocre ● Main-d'œuvre/surveillance/normes de construction médiocres ● Utilisation inadéquate des appareils appropriés ● Malaxage inférieur des matériaux/des chaussées perméables
Qualité des Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> ● Classement inadéquat des sols ● Manque de bons graviers naturels/présence de sols inférieurs de sous-couche ● Dommage attribuable aux sels ● Mauvaise qualité des revêtements ● Sols sodiques, dispersifs ou autres sols problématiques
Extrêmes de l'Environnement	<ul style="list-style-type: none"> ● Extrêmes climatiques (température et temps) ● Erosion des accotements et des talus de côté
Dimensionnement	<ul style="list-style-type: none"> ● Imperfections du dimensionnement/des spécifications conceptionnelles ● Dimensionnement inférieur des accotements/manque d'accotements scellés ● Terrain plat/remblais peu élevés/bombement inadéquat ● Croissance du trafic généré.

Les causes perçues ci-dessus de la dégradation des RRFVC montrent l'éventail des questions importantes dont on devrait s'occuper lorsqu'on considère la chaussée, les matériaux et les aspects du revêtement de ces routes (dont on traite dans ce chapitre), ainsi que d'autres aspects se rapportant à la construction et à l'entretien (abordés dans les Chapitres 6 et 7 respectivement).

5.2.5 Terminologie

Matériaux

Les matériaux qui se trouvent dans la nature: Ils comprennent les sols naturels, les mélanges de gravier/sol et les graviers. Presqu'aucune transformation n'est requise sauf que - éventuellement - le desserrage du matériau en place par le déchirage et l'abatage (généralement par un rouleau à grille) ou par l'enlèvement des refus du crible. Le coût de ces matériaux est ordinairement environ 25 pour cent du coût de pierres concassées. On peut les utiliser dans leur état naturel ou après modification par l'apport de petites quantités de chaux, bitume ou ciment. Il se peut que le concassage soit nécessaire de temps à autre.

Matériaux classiques/traditionnels: Ils sont définis comme des matériaux qui conforment aux spécifications classiques, telles que celles promulguées par l'Association Américaine des Fonctionnaires d'Etat des Chaussées et des Transports (American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO). Ces matériaux sont tolérants vis-à-vis le maniement incorrect pendant la construction et les conditions environnementales défavorables et probablement fonctionneront bien dans la plupart des cas. Cependant, lorsqu'on les utilise comme spécifié, leur utilisation est souvent trop conservatrice, donné le niveau de comportement requis pour les RRFVC.

Une caractéristique essentielle de la plupart des spécifications des matériaux classiques est l'exigence de conformité stricte avec les restrictions sur la granulométrie, l'indice de plasticité et la résistance des agrégats. Le but est en partie d'empêcher l'utilisation dans les couches des chaussées des matériaux susceptibles aux effets affaiblissants de l'eau et du gel. Ainsi les roches concassées et les graviers affouillés par l'action de l'eau dans les fleuves et les graviers fluvio-glaciaires sont les matériaux prédominants utilisés pour la construction routière dans les régions aux climats tempérés. L'exportation de ces pratiques aux régions tropicales ou subtropicales a signifié que les potentiels des graviers naturels, surtout dans les zones plus sèches de ces régions, ont été souvent négligés.



La latérite nodulaire brute utilisée dans la construction des RRFVC.



La pierre à chaux concassé est un matériau typique "classique" produit par le concassage des roches en masses à une gradation définie.



La latérite est un exemple typique d'un matériau "non classique" qui a été utilisé dans la construction des RRFVC, malgré le fait qu'il ne conforme pas aux exigences traditionnelles de granulométrie, résistance et plasticité.



L'exécution d'un enduit superficiel typique – le répandage d'une assise mince de bitume sur la surface de la route avant d'y placer de l'agrégat.

Matériaux non classiques/non traditionnels: Ces matériaux comprennent tous les matériaux qui ne conforment complètement pas aux spécifications pour un matériau classique ou traditionnel utilisé dans un pays ou dans une région, par exemple en ce qui concerne la granulométrie ou l'indice plastique (IP). Néanmoins, de plus en plus il est universellement admis que, sous des circonstances favorables, beaucoup de ces matériaux peuvent être utilisés – et, en effet ont été utilisés – avec du succès. Cependant, ceci nécessite une connaissance profonde et l'expérience des propriétés de ces matériaux et des conditions nécessaires de leur réussite – des exigences qui ont été facilités par les recherches étendues faites dans la région de la CDAA au cours des 20-30 années passées.

Il est à noter que le concept de "non classique", en ce qui concerne les matériaux, est spécifique à un temps et à un lieu particuliers associés avec notre niveau de compréhension du comportement du matériau et avec notre capacité de l'utiliser. Par exemple, il y a 40 ou 50 ans, on aurait pu considérer les graviers comme des matériaux non classiques, puisqu'on avait utilisé des pierres concassées – le matériau "classique" – dans les chaussées Macadam et Telford.

Les revêtements

Il y a plusieurs termes pour décrire un revêtement routier qui, comme indiqué dans la Section 5.2.1, ordinairement consiste en quelque sorte d'un enduit non-structurel bitumineux superficiel ou d'une assise structurelle de matériaux bitumineux enrobés. Des termes typiques comprennent:

- Traitements superficiels
- Enduits superficiels
- Répandage et gravillonnage
- Scellements à gravillons
- Scellements répandus.

Essentiellement, les termes ci-dessus décrivent le même produit, en ce que, dans la réalisation de ces scellements, une assise mince de bitume est répandu sur la surface existante de la route (couche de base ou enduit de scellement existant) et une ou deux assises de sable ou d'agrégats sont répandus.

- Béton bitumineux.

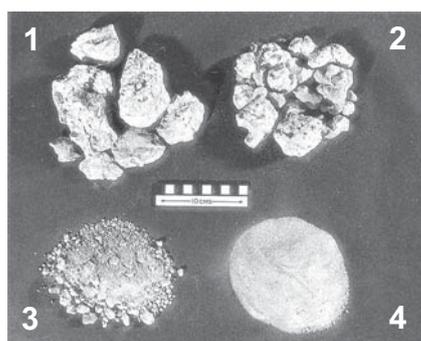
Une assise de matériaux pré enrobés (agrégats et bitume).

5.3 Matériaux

5.3.1 Formation et classement

Par contraste avec les gisements de graviers fluvio-glaciaires propres et durables, comme ceux utilisés dans la plupart de l'Europe et des Etats-Unis, les matériaux disponibles pour la construction routière en Afrique Australe sont généralement dérivés des matériaux fortement altérés et de pédogénèse³. Les matériaux utilisés sont donc principalement des roches résiduelles (par ex. le basalte, la dolérite et le granit), des roches métamorphiques (par ex. le gneiss et le quartzite) et les roches sédimentaires (par ex. le schiste argileux et la roche boueuse) et des matériaux pédogéniques (par ex. le latérite, les croûtes calcaires et les ferricrètes). Ces matériaux routiers sont moins résistants que ceux trouvés en Europe septentrionale et l'Amérique septentrionale, mais les sous-couches – à l'exception de ceux dans des zones problématiques localisées (par ex. les terres noires ou les sables effondrantes) tendent à être plus résistantes.

La Figure 5.4 est un schéma simplifié de la formation des sols et roches qui constituent le noyau de matériaux utilisés dans la construction routière. La façon dont ces matériaux diffèrent des matériaux utilisés pour la construction routière est indiquée dans le Tableau 5.2.



Exemples de quatre genres de croûtes calcaires qui se trouvent dans quelques pays de la CDAA (1) – Galet (2) Nodulaire (3) Poudre (4) Sable calcifié.

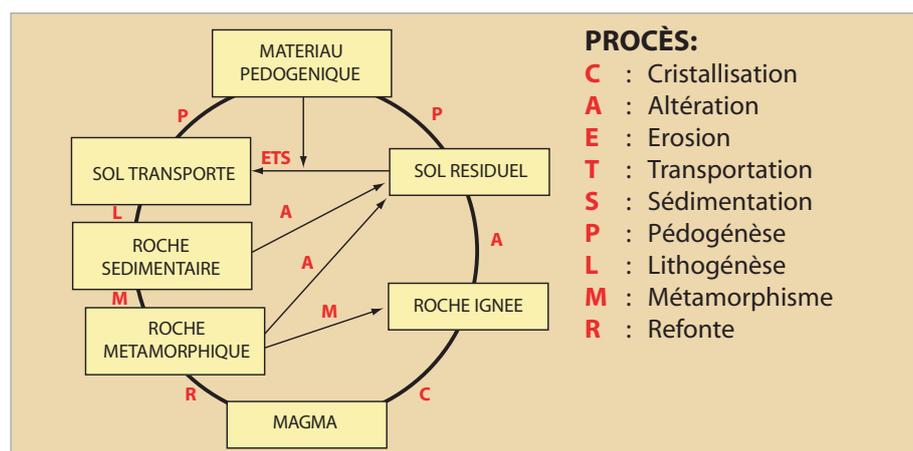


Figure 5.4 - Cycle de Sol-Roche⁴

Tableau 5.2 - Différences entre les matériaux conventionnels et les matériaux pédogéniques³

Caractéristique	Conventionnel (Base de roche concassée, graviers fluviaux, matériaux de fusion des glaciers)	Pédogénique (Latérites, Croûtes calcaires, Ferricrètes, Silerètes)
Climat	Tempéré à froid	Aride, tropicale, tempéré à chaud
Composition	Naturel ou concassé	Varie entre roches et argile
Agrégat	Massif, à forte résistance	Quelquefois poreux, avec des fines faiblement cimentées
Minéraux argileux	Principalement l'illite ou la montmorillonite	Une grande variété, par ex. l'halloysite, l'attapulgite
Ciment/Agent liant	Néant (d'habitude)	Oxydes de fer, hydrate d'aluminium, carbonate de calcium etc.
Réactivité chimique	Inert	Réactif
Granulométrie	Stable	Sensible au séchage et au remaniement
Solubilité	Insoluble	Peut être soluble
Altération	Altéré ou stable	Formation ou altéré
Limites de consistance	Stable	Susceptible au séchage et malaxage
Salinité	Non-salin	Peut être salin
Auto-stabilisation	Non auto-stabilisant	Peut être auto-stabilisant
Variabilité	Homogène	Très variable

Les sols et les matériaux granulaires dans la région de la CDAA sont naturellement variables en termes de leurs propriétés mécaniques telles que leur plasticité, granulométrie et leurs caractéristiques de résistance. En considérant la sélection de ces matériaux pour la construction des RRFVC il est important de réfléchir à l'action réciproque du matériau compacté avec "l'environnement routier", c à d la susceptibilité à l'humidité, les caractéristiques de gonflement et d'effondrement, la dégradation des particules, la durabilité etc. Il se peut que des essais spécialisés soient nécessaires pour des roches basiques, les pédocrètes (croûtes calcaires et croûtes siliceuses) et divers matériaux altérés.

L'Indice N de Weinert

L'indice N de Weinert est calculé à partir des données climatiques comme suit:

$$N = \frac{12E_j}{Pa}$$

Où: E_j = représente l'évaporation pendant le mois le plus chaud (janvier), et
 Pa = représente la précipitation annuelle

Les matériaux généralement utilisés pour la construction des RRFVC en Afrique Australe peuvent être classés comme des graviers et sols concassés ou naturels, résiduels ou transportés, dérivés des groupes principaux suivants⁵:

- Cristallin basique (par ex. dolérite, andésite, basalte)
- Cristallin acide (par ex. granite, gneiss)
- Roches à forte teneur de silice (par ex. quartzite, corne, silex noir)
- Roches arénacées (par ex. grès, conglomérat)
- Roches argileuses (par ex. roches boueuses, schiste argileux, ardoise, schiste)
- Roches carbonates (par ex. roche calcaire, dolomite)
- Diamicites (par ex. tillite)
- Pédocrètes (par ex. les croûtes calcaires, latérite, ferricrète, silcrète).

Chaque group a son propre champ de propriétés et de problèmes éventuels qu'on devrait prendre en compte dans les spécifications et méthodes d'essai. Par exemple, un Indice de Plasticité (IP) jusqu'à 15 peut être acceptable dans une couche de base consistant en latérite ou en des croûtes calcaires, alors qu'une valeur excédant 1 ou 2 peut être problématique dans une couche de base consistant en roche basique cristalline, même si elle est stabilisée.⁶

En fin du compte, le défi posé par le problème de sélectionner des matériaux de chaussée pour les routes à faibles volumes de circulation en Afrique Australe réside essentiellement dans le problème de quantification du risque associé avec la déviation de l'utilisation des matériaux traditionnels de haute qualité. Dans le cas de tels matériaux, les spécifications font appel aux matériaux "idéaux" des climats plus tempérés qui, comme mentionnés plus tôt dans ce chapitre, ne s'appliquent forcément pas aux matériaux locaux. Heureusement, les travaux étendus de recherche faits dans la région au cours des dernières deux décennies ont contribué beaucoup à quantifier les conditions sous lesquelles on peut utiliser les matériaux locaux avec confiance.

Influence du Climat

Le climat de l'Afrique Australe a une influence importante tant sur les propriétés des matériaux naturels pour la construction routière que sur le comportement ultérieur des routes dans lesquelles ces matériaux sont utilisés. A cet égard, les zones climatiques différentes de la région de la CDAA peuvent être caractérisées par le N-valeur de Weinert, qui correspond largement avec la quantité moyenne de pluie annuelle, comme l'indique le Tableau 5.3⁷.

Tableau 5.3 - Zones climatiques: Pluviométrie moyenne annuelle approximative et les Indices N

Zone climatique	Aride	Semi-aride	Sub-humide	Humid
Indice N de Weinert	> 10	5 - 10	2 - 5	< 2
Pluviométrie moyenne annuelle (mm)	< 250	250 - 500	500 - 800	> 800

De plus, les Indices N pour l'Afrique Australe sont significatives en ce qu'ils fournissent une indication de la mode prédominante de l'altération des roches ainsi que des propriétés mécaniques liées des produits résultants. Les Indices $N = 2$, $N = 5$ et $N = 10$ sont de la plus haute importance et leurs contours sont donnés dans la Figure 5.5.

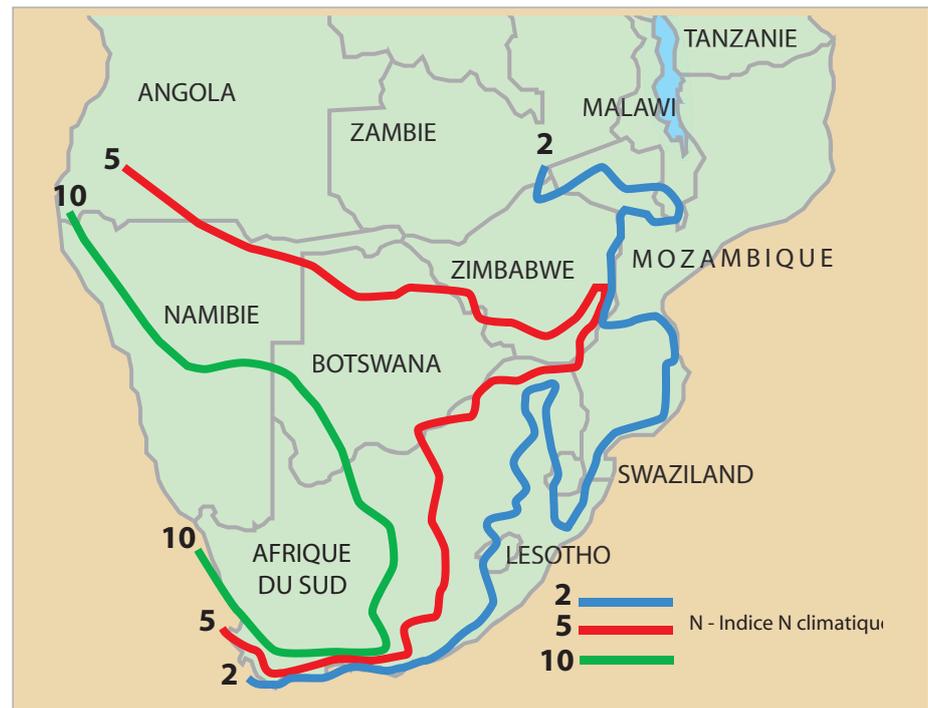


Figure 5.5 - Carte de l'Afrique Australe indiquant les Indices N climatiques⁷
(A présente la carte ne couvre pas toute la région de la CDAA.)

Les Indices N de Weinert et les zones climatiques donnent un aperçu important des propriétés et des caractéristiques mécaniques des matériaux qui se trouvent dans la nature dans la région de la CDAA. Ceci facilite la bonne compréhension du comportement probable de ces matériaux dans des environnements particuliers et permet aux praticiens de concevoir et construire des RRFVC dans une large gamme de circonstances avec plus de confiance.

Dans les zones où les Indices N excèdent 5, la désintégration mécanique – la décomposition physique des roches – tend à prédominer. Dans les zones où les Indices N sont inférieures à 5, la décomposition chimique – altération chimique d'une roche – prédomine. Ces types de désintégration ou de décomposition peuvent aboutir à la transformation de certains minéraux en quelque sorte d'argile. A partir de ces divisions on peut faire des généralisations larges mais importantes au sujet du profil du sol, comme l'indique le Tableau 5.4.

Tableau 5.4 - Caractéristiques des matériaux en fonction du climat (Indice N)⁷.

Indice N	Caractéristiques des Matériaux	Importances des propriétés des matériaux
N < 2	Les roches sont souvent profondément altérées, souvent à une profondeur de quelques mètres et la décomposition est marquée. Les minéraux smectiques sont les produits principaux de la décomposition des roches cristallines basiques.	Les matériaux tendent à avoir une plasticité élevée et sont susceptibles à l'humidité. Les roches basiques ignées sont souvent non-durables et sont susceptibles à la dégradation en service. Il faut prêter attention particulière au drainage interne et externe de la chaussée.
N = 2-5	Les conditions sont pareilles à celles indiquées ci-dessus, mais l'épaisseur du sol résiduel sus-jacent diminue progressivement à mesure qu'on approche le contour de N = 5.	
N = 5-10	L'épaisseur du sol résiduel sus-jacent diminue encore plus que dans le cas ci-dessus. La désintégration est la cause dominante d'altération.	
N > 10	La désintégration mécanique est la seule mode d'altération de tout genre de roche, et les gisements minces des sols résiduels sont fréquemment granulaires et graveleux.	Les matériaux ont une plasticité relativement faible et ne sont pas très susceptibles à l'humidité.

5.3.2 Caractéristiques des matériaux pour la construction routière

Les matériaux utilisés dans les couches des chaussées peuvent être classés en quatre catégories comme suit:

- Granulaire non-cohérent
 - 1. Non-traités (trouvé dans la nature, brut d'extraction)
 - 2. Traités (ciblés, stabilisés mécaniquement);
 - 3. Profondément traités (concassés à une granulométrie spécifique).
- Granulaire cohérent
 - 4. Ciment, chaux, bitume ou matériau pouzzolanique.

Les genres de matériau décrits ci-dessus dérivent leur résistance d'une combinaison des propriétés intrinsèques suivantes.⁸:

- Le frottement inter-granulaire
- Les effets de cohérence des particules fines
- Les forces d'aspiration des sols
- Les forces physico-chimiques (stabilisatrices).

La dépendance relative d'un matériau et l'influence d'humidité sur chacun des composants de la résistance au cisaillement ci-dessus auront une influence importante sur la façon de leur incorporation dans la chaussée. Par exemple, les matériaux non-cohérents/non-traités (les croûtes calcaires ou le ferricrète) sont très dépendants des forces d'aspiration et de cohésion pour le développement de la résistance au cisaillement qui ne sera engendrée qu'à des teneurs en eau relativement faibles. Des mesures spéciales devraient donc être prises pour empêcher l'entrée d'eau dans la chaussée. Autrement les forces d'aspiration et la résistance au cisaillement seront réduites, comme indiqué schématiquement dans la Figure 5.6, qui pourrait aboutir à des défaillances.

Cadre 5.2 - L'aspiration du sol et sa contribution à la résistance au cisaillement – concepts de base

L'aspiration du sol: A mesure que les dimensions des grains d'un matériau à grains fins diminuent, la superficie globale devient très grande par rapport avec le volume de vides là-dedans. Dans ces circonstances, les forces moléculaires qui ne sont effectives que pour des distances très courtes de la surface, commencent à jouer un rôle de plus en plus important. Ces forces sont essentiellement attractives de nature et peuvent apporter de résistance importante supplémentaire. Les forces équivalent à – et peuvent être décrites comme – une diminution de la pression dans les “interstices” ou vides dans les matériaux. Cette force est désignée sous le nom *d'aspiration*.

La magnitude de l'aspiration du sol peut être beaucoup plus élevée que la pression atmosphérique ordinaire, et la pression effective peut donc avoir une valeur négative importante. Sa valeur dépend non seulement de la quantité de fluide dans les interstices (vides) mais aussi de sa nature, c à d les sels dissolus. A mesure que les interstices se remplissent d'eau, la magnitude de l'aspiration diminue rapidement.

Résistance et raideur du sol: La résistance au cisaillement des matériaux granulaires et des sols à grains fins normalement consolidés est décrite par l'équation bien connue de contrainte effective:

Résistance au cisaillement = (cohésion) + [(contrainte normale) – pression interstitielle]. Tg (angle de frottement interne)

La résistance et la raideur d'une assise de chaussée sont réduites si la pression interstitielle s'accroît (à des teneurs en eau élevées) et, inversement, s'augmentent lorsque la pression interstitielle est réduite (à des teneurs en eau faibles). Lorsque la pression interstitielle est égale à la pression globale, le frottement interne devient négligeable et la résistance au cisaillement est égale à la cohésion.

Ainsi, c'est la pression interstitielle ou l'aspiration de l'eau dans la chaussée, plutôt que la quantité de l'eau, qui influe sur le comportement de la chaussée. Deux sols de textures différentes puissent avoir des résistances et raideurs pareilles, bien que leurs teneurs en eau soient très différentes.

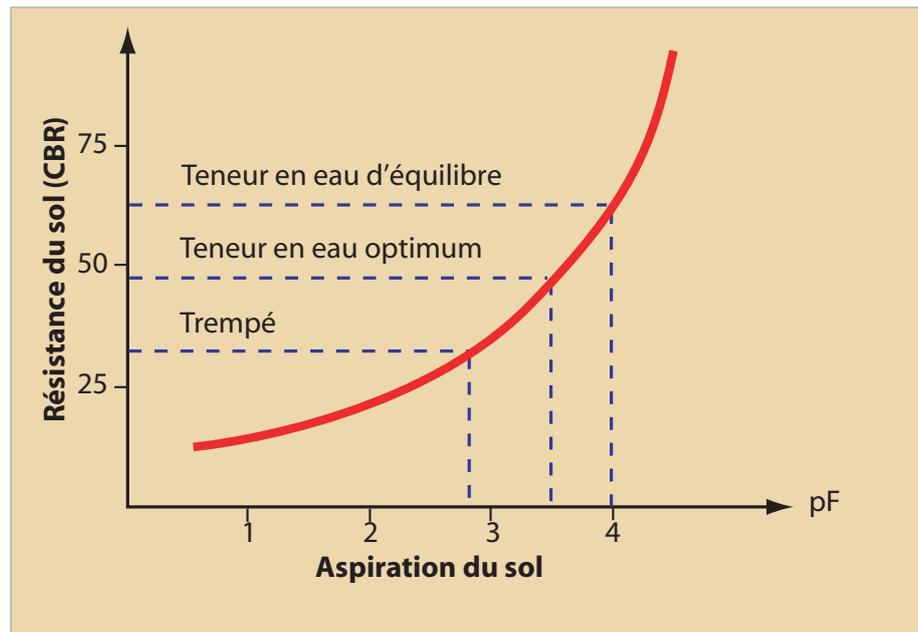


Figure 5.6 - Schéma éclaircissant du rapport entre l'aspiration du sol/résistance du sol

Sols et Matériaux Problématiques

A cause de leurs propriétés défavorables, quelques sols et matériaux rentrent dans la catégorie de "sols et matériaux problématiques" qui, lorsqu'on les rencontre, normalement nécessiteraient un traitement spécial avant d'être placés dans la fondation d'une chaussée. Cette catégorie de sols et matériaux comprend :

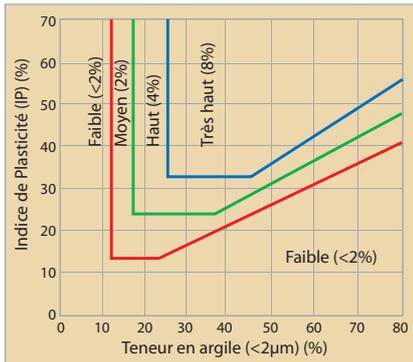
- Sols à faible résistance
- Argiles expansives ("terre noire")
- Sables susceptibles à l'effondrement
- Sols dispersifs
- Sols organiques
- Sols salins/présence d'eau saline
- Matériaux altérés.

Les caractéristiques, l'étude et les contre-mesures exigées au cours de la phase de dimensionnement pour s'occuper des sols problématiques sont bien couverts dans la littérature et ne sont pas traitées en profondeur dans ces Directives. En s'occupant de tels matériaux, il faut établir une balance entre les coûts des contre-mesures et les avantages en émanant, en tenant compte du nombre relativement petit d'avantages pour l'utilisateur résultant des RRFVC.

Les caractéristiques principales des sols problématiques typiques qu'on trouve dans la région de la CDAA sont soulignées ci-dessous :

Sols à résistance faible: Les sols avec un indice CBR détrempe de moins de 3 pour cent (<2 pour cent dans des climats secs) sont classés comme des sols à résistance faible. Les mesures typiques du traitement de ces sols comprennent :

- Leur enlèvement et remplacement par des matériaux convenables
- Stabilisation chimique ou mécanique (voir Section 5.3.3)
- L'élévation du tracé du profil en long afin d'augmenter la profondeur du matériau au-dessus du sol et, par ce moyen, de redéfinir la profondeur de dimensionnement au sein de la structure de la chaussée.



Mesure qualitative de l'expansibilité des sols (Carte modifiée d'après Van der Merwe)

A noter: L'essai de l'Indice de Plasticité devrait être fait sur les matériaux passant au tamis de 0,075mm.



Fissuration longitudinale et déformation typiques de la chaussée provoquées par les changements importants de volume dans le sol expansif dans la sous-couche.



Tassement d'effondrement de plus de 150mm après compactage par un rouleau à chocs.

Sols expansifs: Ces sols argileux font voir des changements particulièrement importants de volume (gonflement et retrait) à mesure que les teneurs en eau changent. Ils se rétractent et se fissurent lorsqu'ils se dessèchent, et gonflent lorsqu'ils deviennent mouillés. Les fissures permettent à l'eau de pénétrer très avant dans le sol, résultant en un gonflement important. Ceci aboutit à la déformation et au dénivèlement de la surface de la route, puisque l'expansion et le soulèvement résultant ne sont jamais uniformes. De plus, si les pentes latérales ne sont pas assez douces, ces changements de volume peuvent produire des déplacements latéraux ("fluage") du sol expansif. Quand ils sont secs, quelques sols expansifs ont une texture sableuse et sont beaucoup plus susceptibles à l'érosion qu'on devrait normalement s'y attendre, à en juger par leur plasticité et teneur en argile.

Les mesures choisies pour minimiser ou éliminer les effets des sols expansifs dans les RRFVC doivent être réalistes du point de vue de leur économie et aussi doivent être proportionnées au risque de dommage éventuel de la chaussée et des coûts accrus de l'entretien et pour l'utilisateur. Des méthodes typiques comprennent:

- La rectification du tracé, si possible
- Enlèvement et remplacement
- Traitement chimique
- Mise au minimum des changements provoqués par l'eau
 - Accotements scellés larges (au moins 2 m)
 - Mesures d'éviter des drains latéraux
 - Pentes douces (1 : 6 ou plus douce)
 - Profondeur minimum de matériaux au-dessus des travaux de terrassement de 0,6 m.



"Terre noire" expansive exhibant des fissures écartées de retrait.

Les sables susceptibles à l'effondrement:

Ces sols sableux se trouvent principalement dans les régions arides et semi-arides de l'Afrique Australe, surtout dans les régions du désert du Kalahari dans le Botswana occidental et la Namibie orientale. Ils exhibent une structure de sol légèrement cimenté qui, dans certaines circonstances, peut être susceptible à un tassement rapide. Une des caractéristiques de ces sols est qu'ils sont tous non-saturés, ont généralement une densité sèche faible et une teneur faible en argile. A leur teneur en eau in situ ils peuvent résister aux contraintes relativement importantes imposées qui sont beaucoup plus importantes que la pression des terres sus-jacentes, avec peu ou point de tassement. Cependant, sans changement à la contrainte appliquée mais avec une augmentation de la teneur en eau, de tassement additionnel aura lieu, comme l'indique la Figure 5.7. La vitesse de tassement dépendra de la perméabilité du sol. Des indicateurs utiles pour évaluer le potentiel d'effondrement éventuel comprennent la densité et la granulométrie.

Ces essais sont montrés dans le Tableau 5.5. Des essais plus rigoureux pour la quantification du potentiel d'effondrement d'un sol comprennent l'essai d'odomètre unique pendant lequel un échantillon est chargé à sa teneur naturelle en eau jusqu'à 200 kPa et puis saturé. Le potentiel d'effondrement du matériau est une expression

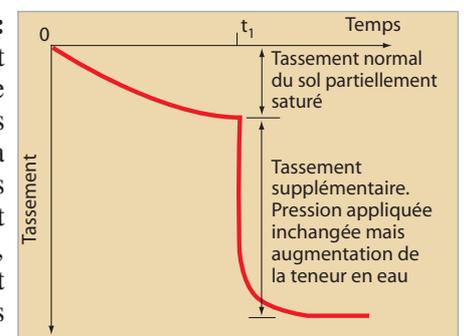


Figure 5.7 - Le concept de base du tassement additionnel résultant de l'effondrement de la structure du sol?

Cadre 5.3 - Conditions qui devraient être remplies avant que le tassement dû à l'effondrement puisse se produire:

- Le sol devrait avoir une structure susceptible à l'effondrement
- Le sol devrait être saturé en partie
- La charge appliquée devrait être plus importante que la pression des terres sus-jacentes
- Un accroissement de la teneur en eau devrait se produire après l'application de la charge.

mathématique, en termes du pourcentage, de la réduction de la teneur en vides par rapport à l'épaisseur du matériau qui est potentiellement effondrant et donne une guide à la gravité potentielle du problème.

Tableau 5.5 - Indicateurs du potentiel d'effondrement et de la gravité du problème¹⁰

Propriété	Guide du Potentiel d'Effondrement ¹	Potentiel d'Effondrement (%)	Degré de Gravité ²
Densité sèche (kg/m ³)	< 1600	0 - 1	Aucun problème
% passant au tamis de 2.0 mm et refusé sur le tamis de 0.075 mm	> 60%	2 - 5	Problème modéré
% passant au tamis de 0.075 mm	< 20%	6 - 10	Quelques problèmes
Densité relative	< 85%	11- 20	Des problèmes graves
		> 20	Des problèmes très graves

a – Voir le Botswana *Road Design Manual* ⁴⁰

Les méthodes du traitement des sols susceptibles à l'effondrement comprennent:

- Enlèvement du matériau à une profondeur spécifiée au-dessous du niveau de terrain naturel;
- Rippage de l'assiette de la chaussée, trempage d'eau et compactage par des rouleaux vibrants lourds; et
- L'emploi de compactage à haute énergie à la teneur en eau *in situ*.

Toutes les mesures ci-dessus sont relativement coûteuses et on devrait établir un équilibre entre les coûts et les avantages émanant de leur mise en application à des RRFVC.

Sols dispersifs: Ces sols, dont quelques-uns sont des graviers argileux, sont très susceptibles à l'érosion dans la présence d'eau – une caractéristique qui les rend problématique là où ils se trouvent dans des pentes des déblais et dans les canaux de drainage. Ils se trouvent généralement dans les zones où l'Indice N climatique est entre 2 et 10. Ils n'ont presque aucune résistance à l'érosion, sont susceptibles au développement de renards dans les terrassements, sont très susceptibles à la fissuration et ont une résistance faible au cisaillement. Une combinaison d'essais indicateurs, des observations de la distribution de l'érosion, de la couleur des sols, des caractéristiques du terrain et de la végétation est utilisée pour faciliter leur identification.

Les mesures suivantes sont typiquement utilisées là où les sols dispersifs sont rencontrés:

- Protection contre l'érosion dans les pentes des déblais et dans les canaux de drainage
- Modification par l'addition de 2 ou 3% de chaux.

Sols salins ou présence de l'eau saline: La présence des sols solubles dans les matériaux de la chaussée ou dans la sous-couche peut aboutir au dommage du revêtement bitumineux des RRFVC. Ce problème se produit principalement dans les régions semi-arides de l'Afrique Australe où le climat sec, combinée avec la présence de matériaux salins (souvent consistant en croûtes calcaires ou déchets des mines) et/ou de l'eau souterraine ou de l'eau de surface saline créent des conditions qui sont favorables à la production de dommage imputable à la présence des sels. Tel dommage se produit lorsque les sels dissolus migrent à la surface de la route, principalement à cause de l'évaporation, deviennent sursaturés et puis se cristallisent avec un changement concomitant de volume. Ceci crée des pressions qui peuvent élever et physiquement dégrader le revêtement routier et briser l'adhérence à l'assise sus-jacente de la chaussée. En général, la plus mince la couche de revêtement, le plus probable est le dommage, puisque les couches d'imprégnation sont les plus susceptibles, et les scellements épais imperméables sont les moins susceptibles.



Le dommage occasionné par des sels peut prendre la forme de "cloques", de "dômes", de "soulèvement" et de "flocons" de la couche d'imprégnation ou du revêtement.



Un exemple de dommage sévère au revêtement d'une piste d'aviation à cause des effets des sels en moins de deux ans après sa construction.

Il est entièrement possible et souvent coût-efficace, d'utiliser des matériaux salins dans la construction des RRFVC, plutôt que de transporter des matériaux non-salins pour de longues distances. Toutefois, ceci nécessite une connaissance profonde de l'environnement du projet et de la nature des sels et des niveaux de salinité dans les matériaux comme point de départ du dimensionnement et de la spécification des mesures préventives appropriées et de la surveillance des niveaux de salinité au cours de - et après - la construction.

Des directives pour la prévention et la réparation de dommages aux routes et pistes d'aviation occasionné par les sels, basées sur les résultats des recherches faites dans la région et ailleurs, ont été élaborées^{11, 12}. Ces directives donnent des conseils sur les méthodes d'essai et de dosage des sels, aussi bien que sur les méthodes de réparation là où le dommage s'est déjà produit.

Matériaux altérés: Des matériaux altérés, tels que les roches ignées basiques (par ex. le basalte, la dolérite) sont très répandues en Afrique Australe et leur utilisation pour la construction des RRFVC, soit dans leur état naturel, (non-traité), soit après stabilisation chimique, est très commune. Les propriétés de ces matériaux sont régies par leur minéralogie et il est nécessaire d'éviter des roches qui paraissent être solides et qui contiennent des minéraux secondaires qui sont susceptibles à la dégradation due au temps ou au trafic. Des essais spécialisés peuvent donc être nécessaires pour l'évaluation de leur durabilité à long terme, pour laquelle on devrait se référer à TRH 13 Provisoire: Cementitious Stabilizers in Road Construction¹³ (*Des Stabilisateurs Cimentaires pour la Construction Routière*).



Un échantillon de basalte altéré et décomposé, avec des minéraux argileux altérés dans les vésicules et cavités du rocher.

Déchets

De nombreuses sortes de "déchets" peuvent être recyclés en agrégats et additifs pour l'utilisation dans des RRFVC. Toutefois, une approche imaginative est requise si on veut reconnaître leur utilisation potentielle – une utilisation qui éliminerait le besoin de rechercher et ouvrir de nouvelles sources de gravier, ainsi réduisant l'impact de la nouvelle infrastructure ou la remise en état/amélioration de l'infrastructure existante. L'utilisation de déchets, là où il est possible, allégerait aussi les impacts associés avec leur stockage (par ex. la poussière d'un remblai de matériaux).

Des exemples de "déchets" dont leur utilisation dans des RRFVC pourrait être considérée comprennent:

- Des remblais de stériles de carrière et de mines (agrégats pour la couche de base et le revêtement)
- Des laitiers provenant du traitement de métaux (couche de base)
- De verre concassé (agrégat de revêtement)
- Cendres de mâchefers (couche de fondation et couche de base)
- Cendres volantes (agent de stabilisation mécanique pour des matériaux à fines insuffisantes)
- Phosphogypse (agent de stabilisation mécanique, matériau de couche de fondation)
- Pneus (broyés pour le bitume-caoutchouc et forme de gravillons pour des remblais légers – entiers pour la stabilisation de talus et pour les réparations de défaillances de pentes).

Préalablement à leur utilisation, les matériaux doivent être assujettis à un programme normal d'essais, ainsi qu'à une évaluation environnementale afin d'assurer que des impacts environnementaux ne se produisent pas en conséquence de l'utilisation du matériau. Il se peut que certains matériaux aient des teneurs relativement élevées en sel soluble et il sera nécessaire de faire des essais supplémentaires afin d'assurer que leur présence n'aura pas d'influence sur la performance du revêtement.

5.3.3 Amélioration des Sols

Si les sols qui se trouvent dans la nature ne sont pas disponibles à une distance économique de transport, il peut être nécessaire de recourir à quelque sorte de stabilisation – le processus suivant lequel des additifs sont utilisés pour mettre en valeur les propriétés des matériaux de la chaussée et de la sous-couche-afin d’améliorer les propriétés des matériaux, y compris leur résistance, stabilité volumique, durabilité et perméabilité.

Les additifs généralement utilisés dans la région sont:

- Matériaux granulaires
 - Ciment Portland
 - Chaux (chaux vive et chaux hydratée)
 - Pouzzolanes (cendres volantes, pierre ponce, scories)
 - Bitume et goudron.
- } stabilisation mécanique
} stabilisation chimique

Les facteurs suivants influent sur le choix de la méthode la plus appropriée de traitement:

- Contraintes liées au chantier
- Matériaux
- Climat et drainage
- Les aspects économiques des possibilités différentes.

Des conseils généraux pour la stabilisation de sols avec de stabilisateurs cimentaires sont contenues dans la version préliminaire de TRH13: Cementitious Stabilizers in Road Construction (*Des Stabilisateurs Cimentaires dans la Construction Routière*)¹³ et la convenance de diverses sortes d’additifs stabilisateurs sont montrées dans la Figure 5.8.

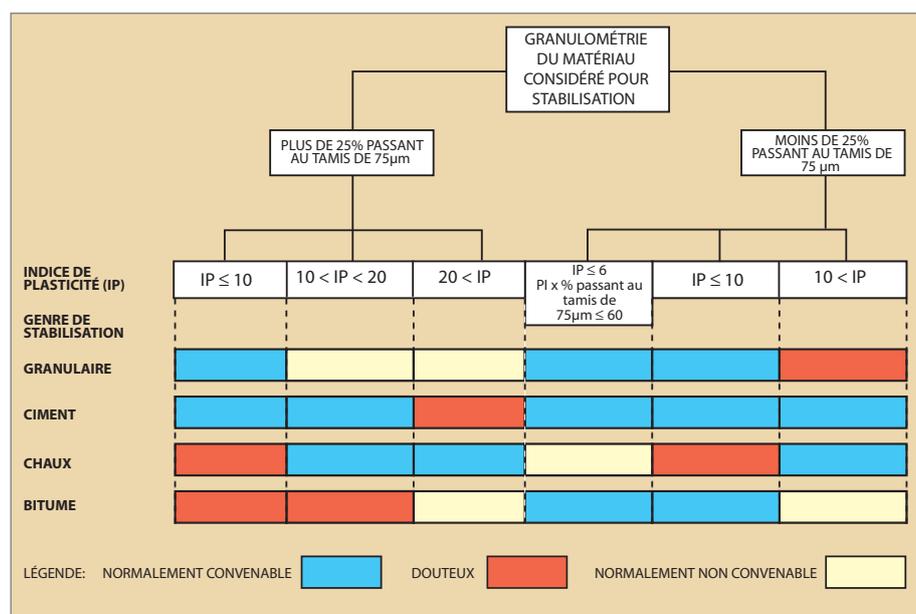


Figure 5.8 - Guide à la méthode de stabilisation¹⁴



Lorsqu'on les mélange dans les proportions convenables, deux matériaux non classiques, tels que le sable de Kalahari et le calcrete, souvent remplissent les spécifications d'un matériau classique/traditionnel.

Stabilisation Mécanique

La méthode la plus facile de stabilisation – qui est souvent la moins coûteuse – et qui résulte en la méthode la plus facile à réaliser – peut être réalisée par le mélange de deux matériaux naturels, normalement des graviers et du sable, pour constituer une couche mécaniquement stable. Normalement il résulte en les avantages suivants:

- CBR amélioré
- Décroissance de l'IP
- Décroissance de la teneur en eau optimum
- Amélioration de la maniabilité.

Les résultats d'une étude de laboratoire du mélange mécanique d'un gravier naturel (croûtes calcaires) et du sable sont montrés dans la Figure 5.9. Comme on peut voir dans la figure, les CBR de deux types différents de matériaux (A et B) se sont augmentés (de plus de 40 pour cent après l'adjonction de 20 pour cent de sable) et 30 pour cent (après l'adjonction de 30 pour cent de sable) respectivement.

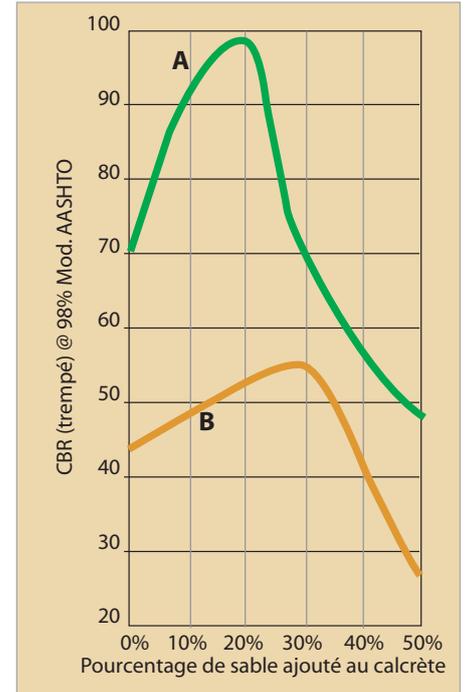
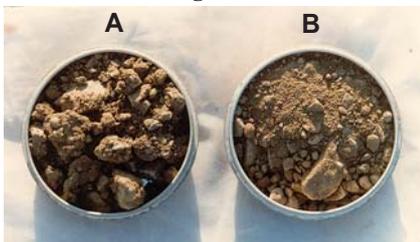


Figure 5.9 - Résultats du mélange mécanique de calcrete et de sable¹⁵.

Maniabilité améliorée des matériaux argileux.



A: Non-traité – relativement non maniable.
B: Traité avec 3% de chaux – plus maniable.

En mélangeant les matériaux granulaires avec des matériaux à grains plus fins, il faut prendre soin d'assurer que la plasticité des grains fins ne s'accroît pas à tel degré qu'une perte de stabilité se produit.

Stabilisation chimique

Le but principal de la stabilisation chimique est de mettre en valeur la convenance des graviers naturels locaux, ainsi évitant la nécessité d'importer d'autres matériaux. Ceci peut souvent aboutir à l'utilisation plus coût-efficace des matériaux disponibles avec les propriétés avantageuses suivantes par comparaison avec le matériau mère non traité:

- Résistance ou stabilité accrue
- Capacité améliorée de diffuser la charge
- Résistance accrue à l'érosion
- Susceptibilité réduite aux changements de la teneur en eau
- Amélioration de la maniabilité des matériaux argileux.

Comme l'indique la Figure 5.8, la sélection d'un agent stabilisateur chimique dépendra du matériau à stabiliser et de la position dans la chaussée que ce matériau devrait occuper. Ces agents stabilisateurs sont généralement utilisés à des dosages relativement faibles, typiquement entre 3 et 6 pour cent. Toutefois, afin d'éviter des problèmes éventuels, leur maniement et construction doivent être réalisés soigneusement et sous bon contrôle.

Les spécifications des matériaux stabilisés chimiquement varient dans les parties différentes du monde et pour les administrations routières différentes. Pour des conditions convenables en Afrique Australe, on devrait consulter le TRH13 provisoire¹³.



Réaction de phénophtaléine dans une couche traitée de fondation.

Les problèmes ou écueils éventuels de ces genres de matériau comprennent:

- Une propension à la fissuration à cause des charges de la circulation ou des conditions environnementales, surtout après avoir été traité avec du ciment
- Dégradation de l'action de cimentation à cause de la carbonatation, spécifiquement dans le cas du traitement avec du ciment et de la chaux
- Le besoin de niveaux supérieurs de compétence et de contrôle pendant la construction (par comparaison avec ceux requis pour les matériaux non traités) afin de réaliser un produit satisfaisant.

Cadre 5.4 - Les effets de carbonatation

Les sols stabilisés au chaux et - dans une moindre mesure - au ciment, peuvent subir une perte de résistance à cause de carbonatation. Ceci se manifeste surtout dans les sols peu résistants à grains fins et stabilisés au chaux (surtout les croûtes calcaires). Lorsque ces sols sont utilisés dans la couche de base, l'exposition prolongée de ces sols stabilisés à l'air avant de scellement peut également aboutir à la production d'une assise supérieure peu résistante avant le revêtement. Le concassage subséquent de l'agrégat, ainsi qu'une liaison médiocre entre la surface et la couche de base peuvent se produire, aboutissant à la défaillance de la chaussée. Les mesures qu'on peut prendre pour réduire les effets de la carbonatation pendant le procès de stabilisation comprennent¹⁶:

- Le recouvrement immédiat de la couche suivante de matériau;
- L'application immédiate d'une couche d'imprégnation en goudron imperméable;
- La cure mouillée (sans assèchement de la surface); et
- La construction d'une assise avec une épaisseur sacrificable qu'on peut enlever à la niveleuse.

Produits chimiques brevetés: Une variété de produits chimiques et d'additifs routiers brevetés est parfois utilisée pour l'amélioration des propriétés des graviers naturels pour qu'ils soient utilisés comme matériaux routiers. Cependant, leur emploi est étroitement lié au projet et on devrait s'en servir avec circonspection. Il n'y a que relativement peu de comptes rendus au sujet de leur utilisation avec du succès et il y a besoin d'essais bien contrôlés afin de confirmer leur aptitude avec des matériaux spécifiques.

Les produits chimiques rencontrés le plus souvent comprennent:

- Agents mouillants
- Polymères naturels (par ex. les ligno-sulphonates)
- Les émulsions de polymères synthétiques (par ex. les acrylates)
- Cires modifiées
- Huiles sulphonatées
- Enzymes biologiques.

5.3.4 Spécifications

Le but des spécifications est d'empêcher l'utilisation de la plupart des matériaux peu satisfaisants dans les chaussées, par le moyen d'établir des limites sur leurs diverses propriétés, telles que la granulométrie, la plasticité et la résistance. La définition des limites appropriées nécessite une connaissance intime du comportement d'un matériau local dans un environnement spécifique (le climat et les mesures de drainage) à une charge spécifique de circulation. Le défi est d'établir un rapport entre les propriétés physiques des matériaux et le comportement de ces matériaux dans un certain environnement.

Jusque dans ces derniers temps, la plupart des spécifications utilisées dans la région de la CDAA tendaient à être le reflet des spécifications d'origine européenne ou nord-américaine, établies pour les zones tempérées. Les spécifications conventionnelles typiques s'appuient en grande partie sur expérience et sur les matériaux "idéaux" ayant les propriétés suivantes:

- Conditions restrictives requises de la granulométrie
- Une plasticité faible (IP < 6)
- Une résistance élevée de la couche de base (CBR trempé > 80 pour cent à un niveau de compactage AASHTO modifié de 98 pour cent).

L'inexpérience tend à engendrer une adhérence religieuse aux spécifications.

Les spécifications traditionnelles des graviers de la couche de base ordinairement exigent un CBR trempé de ≥ 80 pour cent à un niveau de compactage AASHTO modifié de 98 pour cent, un IP de ≤ 6 et l'adhérence à une enveloppe granulométrique étroite. Cependant, les résultats de la recherche dans la région ont montré que, lorsqu'on tient compte des facteurs tels que la circulation, la résistance de la sous-couche, la coupe transversale de la chaussée, le drainage etc., on peut réaliser des relâchements importants des critères de sélection, aboutissant à des économies importantes.

L'art de l'ingénieur consiste, en grande partie, en l'emploi des spécifications qui rendront possible l'utilisation des matériaux qui se trouvent près du chantier routier. Malheureusement, la puissance de l'habitude, les spécifications inadéquates et le manque d'initiative ont supprimé l'utilisation des matériaux locaux et des technologies innovatrices de construction.



Le premier volume d'une série de cinq volumes de compte rendus des résultats du programme de recherche de 4 ans sur les matériaux d'ingénierie routière.

Les limites ci-dessus ont leurs origines dans des situations très différentes de celles qui prédominent dans une grande partie de la région de la CDAA en termes du genre de matériau, du climat, des caractéristiques de la circulation, des normes etc., et lorsqu'on les applique, beaucoup de graviers naturels disponibles seraient inconvenables pour la construction des RRFVC. Les spécifications types ne sont pas en mesure ni de prendre en considération toutes les variations possibles ni de tenir compte de tous les genres de matériau. L'interprétation judicieuse des spécifications existantes et la mise en application de la connaissance locale peuvent aboutir à des spécifications liées directement au projet et à des spécifications plus appropriées.

Cadre 5.5 - Transmissibilité des spécifications des matériaux

Les spécifications des matériaux ne sont pas toujours tout simplement transmissibles d'une région à une autre. Il se pourrait bien que ce qui soit convenable dans une région, par rapport aux facteurs tels que le genre de matériaux, le climat et la charge de circulation, soit inapproprié dans une autre région où ces facteurs puissent être complètement différents. En fin de compte, tout genre de matériau a son utilité et ses propres limites et devrait s'accorder avec les conditions de la circulation, du climat etc. qui influent sur son comportement. ***Dans certains cas, des défaillances coûteuses puissent se produire, ainsi que des conceptions trop conservatrices et non-économiques peuvent être réalisées si les spécifications conventionnelles des matériaux sont appliquées strictement dans la région.***

Il est également important de ne pas oublier que les spécifications sont liées directement aux méthodes d'essai utilisées dans le travail de recherche. Par exemple, la plupart des études de pédocrètes dans la région sont liées aux méthodes du genre des méthodes d'essai de l'ASTM. Il serait donc inconvenable et hasardeux d'appliquer les normes britanniques (BS) à l'évaluation de pédocrètes à moins que des ajustements convenables compensatoires soient faits aux résultats des essais.

L'utilisation heureuse de matériaux non-classiques dépend fortement de la disponibilité d'une spécification locale établie pour des environnements spécifiques d'exploitation. La formulation de ces spécifications "faites sur mesure" de matériaux a permis l'utilisation de beaucoup de genres de matériau qui autrement auraient été refusés par les spécifications traditionnelles.

Basées sur les résultats d'un programme régional de recherche de 4 ans par la CDAA des matériaux pour le génie routier conduit dans la région de la CDAA¹⁷, des spécifications ont été établies d'une variété de graviers qui se trouvent ordinairement dans la nature, dans lesquelles l'origine géologique de ces matériaux, ainsi que les facteurs climatiques et la charge de circulation, sont pris en compte. Les études se sont concentrées sur le comportement des chaussées revêtues en fonction du temps et de la circulation dans des conditions climatiques différentes et il fut conclu que:

- La norme minimum de 80 pour cent du CBR trempé pour des couches de base en gravier naturel est inappropriée et trop élevée pour beaucoup de RRFVC. *De nouvelles limites sont proposées, dépendant de la circulation, des matériaux et du climat.*
- Les enveloppes granulométriques des graviers naturels pour les couches de base sont trop étroites. *Des enveloppes alternatives (plus larges) sont proposées pour les routes à relativement faibles volumes de circulation.*
- Les taux de circulation au-dessous de 500 000 ESE ne constituaient pas un facteur important de la dégradation routière. Beaucoup de tronçons de route ont exhibé un comportement satisfaisant, même lorsqu'ils ont été assujettis à un niveau élevé de surcharge et avaient des IP de jusqu'à 18. *De nouvelles limites des IP ont été proposées.*
- Le drainage était un facteur important du comportement, même dans les régions arides. *Une hauteur minimum de 0,75 m au-dessus du niveau du radier du drain latéral est proposé.*

En conséquence des recherches faites dans la région de la CDAA, des spécifications révisées ont été établies pour les groupes principaux des graviers naturels pour les couches de base qui se trouvent dans la région (graviers quartziques, roches altérées, graviers latéritiques, graviers et sables calcaires) pour une étendue de niveaux de circulation jusqu'à 500 000 ESE et pour des genres de matériaux de sous-couche qui ne sont pas adressés dans les directives existantes. Ainsi, on devrait les incorporer dans les documents nationaux et elles devraient être prises en considération dans le dimensionnement des RRFVC.

5.3.5 Prospection



La planification rationnelle est essentielle pour la réussite de la prospection de matériaux.

L'expérience a montré qu'une quantité importante de matériau utilisé est souvent trouvée pendant la construction lorsque le matériel d'excavation est plus disponible que pendant la phase de pré-construction et de reconnaissance géotechnique.



Des photos aériennes et des vues par satellite sont des sources valables d'information dont on peut se servir dans la recherche de matériaux.

La construction et entretien des RRFT ont besoin de quantités importantes de gravier naturel. Il est donc essentiel que les matériaux disponibles soient utilisés le plus avantageusement possible et aux coûts les plus bas possibles. Très souvent, les graviers se trouvent sous la forme de relativement petits gisements localisés, dispersés dans le terrain et qui sont souvent recouverts de sol et de végétation, qui les font très difficiles à trouver. En conséquence, des techniques modernes d'exploration devraient être employées afin d'assurer que tous les matériaux disponibles sont repérés le plus efficacement possible, au lieu de la façon "fortuite ou au hasard" souvent employée.

L'art de la prospection implique la recherche des indications de l'occurrence des matériaux utiles, suivi par le creusement de fouilles pour découvrir ce qu'il y ait. Une des activités-clés de la prospection est d'apprendre à identifier les caractéristiques qui indiquent l'existence du gravier à partir des cartes et d'autres informations. Cependant, les parties les plus importantes sont l'étude au bureau, suivi de l'étude du terrain et évaluation des forages d'essai. Les renseignements concernant les graviers dans le terrain proviennent ordinairement de cinq sources principales:

- Information géologique à partir des cartes et rapports géologiques
- Information des sols à partir des cartes et rapports des sols agricoles
- Indicateurs botaniques
- Information sur le terrain à partir des cartes topographiques, photos aériennes et images par satellite
- Autres renseignements locaux.

Les sources d'information ci-dessus sont analysées ensemble afin d'évaluer la probabilité que du gravier peut se trouver dans un certain endroit. Un organigramme type de la prospection de matériau est montré dans la Figure 5.10.

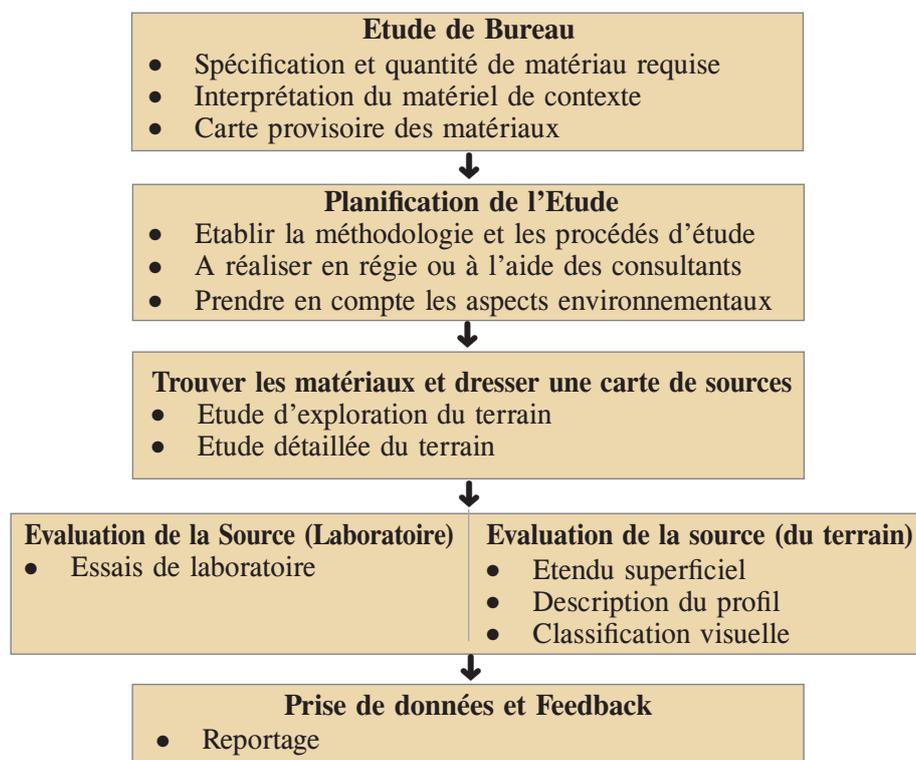


Figure 5.10 - Organigramme des étapes de prospection de matériaux²⁶



Le dispositif de limite de liquidité employé pour la détermination de l'Indice de Plasticité d'un sol.

5.3.6 Essais

Normes

Les essais sur les matériaux sont généralement prescrits dans les normes publiées dans divers pays, dont les normes britanniques (BS), américaines (ASTM) et sud-africaines (TMH) sont les plus généralement utilisées dans la région. Malheureusement ces méthodes diffèrent à bien des égards en ce qui concerne le procédé même de l'essai et la méthode d'essai. Par exemple, des administrations qui se servent du dispositif BS de limite de liquidité obtiendront des Indices de Plasticité (IP) en moyenne 4 unités plus élevées que ceux obtenus par les administrations qui se servent du dispositif ASTM de limite de liquidité¹⁸. Il est donc important de ne pas mélanger les normes d'essai, puisque les différences seules des procédés d'essai suffisent à expliquer les différences de la qualité des matériaux qui sont apparemment acceptables dans les chaussées de différents pays de la CDAA⁶. L'idéal serait que les normes d'essai des matériaux soient uniformisées afin de faciliter l'harmonisation des efforts de recherche intra-régionale, le transfert de la technologie et le reportage.

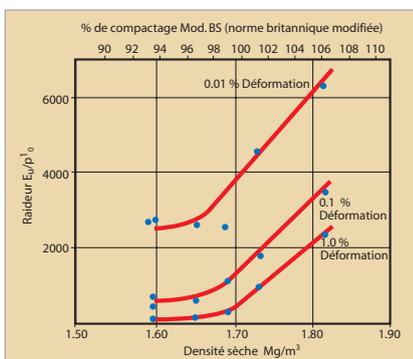
Essais

Les essais des matériaux sont effectués afin d'évaluer les diverses propriétés des matériaux destinés à la construction routière pour fournir une indication de leur comportement probable en service. Une large gamme d'essais est disponible à cette fin et comprend des essais:

- De classement
- De teneur en eau
- De densité
- De résistance
- De raideur
- De durabilité
- Chimiques
- Spéciaux.

De plus, il y a aussi des essais au chantier, dont on peut se servir pour évaluer les propriétés du matériau placé, tels que des essais de:

- la résistance in situ (essai CBR in situ, Pénétromètre dynamique à cône et l'essai à Marteau Clegg)
- la raideur (essais d'affaissement, par ex. l'essai à poutre Benkelman, le flectomètre à poids tombant et l'essai de chargement sur plaque d'appui)
- la perméabilité (essai de perméabilité d'eau).



Le rapport raideur/densité sèche: gravier latéritique (Kenya)¹⁹.

Evaluation de la résistance de matériaux de chaussée

Il y a une tendance de donner une évaluation de résistance à un matériau sans réaliser que celle-ci a peu de valeur s'il n'existe pas une connaissance de la teneur en eau et l'état de densité probables en service. Sans tenir compte des critères de résistance proposés, on les emploie mal si aucun essai n'est pas fait pour déterminer la résistance sous des conditions de teneur en eau et de densité proches de celles anticipées en chantier.

Les deux propriétés critiques qui sont connues comme ayant une influence importante sur le comportement des graviers naturels dans la construction routière sont la résistance et la raideur. Toutes les deux dépendent de la teneur en eau et de la densité et peuvent être influencées par le déroulement de mouillage et de dessèchement ou par le procès de compactage auquel le matériau a été assujéti pour achever la densité impliquée. L'idéal serait donc que, *pour les besoins du dimensionnement des chaussées, les propriétés de résistance et de raideur des graviers naturels soient évaluées à partir des échantillons préparés aux densités et teneurs critiques en eau qui probablement se trouveront dans la chaussée, et non préparés à des valeurs prédéterminées*. Plusieurs essais sont employés pour l'évaluation de la convenance des graviers naturels destinés pour les chaussées. Les essais les plus généralement employés sont examinés ci-dessous:

L'Indice Portant de Californie (CBR): Un des essais les plus importants de résistance est l'essai CBR - un essai arbitraire qui originalement fut développé comme une méthode de comparer les sols de la couche avec la roche concassée. A cause de sa facilité d'emploi, par comparaison avec les méthodes plus complexes pour évaluer la résistance, cet essai est généralement employé dans beaucoup de méthodes empiriques de dimensionnement des chaussées²⁰. Cependant, son emploi comme le moyen primaire de sélectionner des graviers naturels pour les RRFVC est mis en contestation depuis longtemps.

Le **Module Réversible** d'un sol est une mesure de sa résistance au déplacement, c à d de sa susceptibilité à l'ornièrage sous une charge de roue.

La **Raideur Élastique, E_r** , d'un sol reflète ses caractéristiques de diffusion de la charge. Ainsi, une valeur élevée d' E_r implique une bonne capacité de diffuser la charge, et une valeur faible d' E_r implique que les charges seront concentrées dans la sous-couche et que des déformations importantes y auront lieu.

Cadre 5.6 - Quelle est la convenance de l'essai CBR comme moyen de sélectionner des graviers naturels à utiliser dans les chaussées des RRFVC?

- L'essai CBR est un essai empirique qui était développé à partir des observations empiriques de chaussées exhibant un comportement satisfaisant au-dessus d'un nombre de sous-couches, avec l'objectif de déterminer la force portante d'une assise et *non la convenance du matériau routier*.
- La reproductibilité de l'essai est médiocre, ayant un coefficient global de variation de l'ordre de 20 pour cent. Cette caractéristique rend l'interprétation des résultats des essais très imprécis, surtout ceux de graviers naturels qui sont variables de leur nature. Par exemple, pour une valeur moyenne vraie de 80, la valeur du CBR peut varier entre 48 et 112 – un étendu qui pourrait aboutir à des interprétations très différentes de la convenance du sol à utiliser comme un matériau routier.
- L'essai ne mesure aucune des propriétés mécaniques du sol qui pourraient influencer à son comportement, telles que la raideur élastique (E_r) et la résistance à la déformation permanente ou son module réversible (M_r). Comme l'indique la Figure 5.11, des matériaux ayant le même CBR pourraient avoir des raideurs élastiques très différentes, et, par la suite, sous des conditions pareilles d'exploitation, pourraient exhiber des comportements complètement différents à cause de leurs capacités différentes de diffuser la charge.

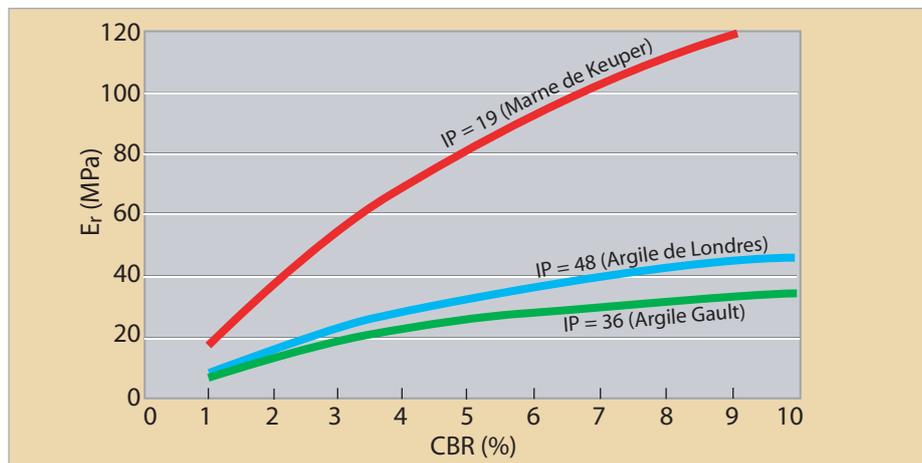


Figure 5.11 - Rapport entre la raideur élastique et le CBR à un pouls de contraintes de 40 KPa²¹

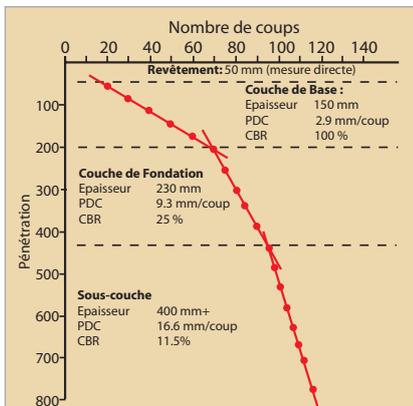
En raison des circonstances ci-dessus, on peut conclure que, si l'essai CBR est employé pour justifier l'utilisation d'un matériau qui s'éloigne considérablement des limites traditionnelles de granulométrie et de plasticité (tels que la plupart des matériaux pédogéniques), alors il se pourrait bien qu'il soit inconvenable tout seul.

Quoiqu'il ne soit pas suggéré qu'on abandonne l'essai CBR, il est conseillé que d'autres essais, tels que l'essai triaxial Texas et l'essai à moule K, soient employés puisqu'ils pourraient être très utiles comme des essais supplémentaires pour la sélection de graviers naturels pour des chaussées des RRFVC. Ces essais peuvent donner de l'information qui souvent a plus de capacité d'établir des distinctions que l'essai CBR²² en ce qui concerne le comportement d'un matériau.

L'essai triaxial Texas: Une alternative à l'essai CBR est l'essai triaxial Texas, dont on se sert au Texas, en Australie et au Zimbabwe. Cet essai est basé essentiellement sur la raideur relative du matériau en termes de ses caractéristiques de contraintes déformations et mesure les paramètres fondamentaux de résistance – la cohésion et l'angle de frottement interne. L'essai est moins empirique que l'essai CBR en ce que plus des fractions grosses des graviers peuvent être assujetties à l'essai. De plus, dans cet essai l'échantillon est mis à l'épreuve tout entier et les résultats sont moins susceptibles aux conditions spécifiques qui pourraient être présentes sous le piston de l'appareil CBR.



L'essai PDC en cours d'exécution.



Résultat typique d'un essai de PDC.

D'importance spéciale est la capacité de l'essai triaxial Texas d'évaluer les avantages potentiels à gagner par la réduction de la teneur en eau au temps du compactage (la teneur en eau optimum) à la teneur en eau d'équilibre prévue dans la chaussée. Ceci rend l'essai spécialement convenable pour la prédiction de la sensibilité de la résistance du matériau aux changements de l'humidité, en permettant l'évaluation de la résistance du matériau à des conditions d'humidité et de densité en service. L'exécution de cet essai prend plus de temps que l'essai CBR.

L'essai à moule K: L'essai à moule K est un essai de laboratoire de la résistance du sol qui était développé aux Etats-Unis à la fin des années 1970²³ en réponse au besoin d'une mesure rapide et directe de la résistance des sols sous des conditions qui sont assez représentatives de celles prévues en chantier. L'essai est essentiellement un essai de compression, au cours duquel un échantillon cylindrique du sol est comprimé dans une moule qui est rigide le long de son axe et qui peut fléchir latéralement, tel qu'à mesure que la compression axiale se produit, l'expansion latérale du sol est résistée par une résistance latérale croissante continuellement, à peu près comme elle se produit dans les conditions de charge en chantier.

Les résultats des recherches faits au CSIR montrent que l'essai à moule K est capable de déterminer les modules d'élasticité des matériaux routiers non traités avec la facilité relative et avec un haut degré de précision au cours d'un seul cycle de chargement²⁴. Ainsi, bien que l'essai à moule K ne soit pas encore en usage courant, il peut fournir un moyen utile pour déterminer la raideur élastique des graviers naturels là où cette valeur est requise, en contraste aux essais triaxiaux répétés plus complexes, qui prennent plus de temps et sont plus coûteux, ce qui est difficile à justifier pour les RRFVC.

Le Pénétromètre dynamique au cône (PDC): L'essai PDC est digne d'être mentionné, en particulier puisque les RRFVC sont très souvent construites au-dessus des routes en gravier existantes, suivant les améliorations nécessaires des tracés verticaux et horizontaux. L'emploi du PDC peut rendre une méthode rapide, effective, peu-couteuse et non destructive d'évaluer la résistance des matériaux in situ. Dans la région on a développé des méthodes de renforcement des routes en gravier existantes, basées sur les CBR dérivés à partir des résultats des essais PDC et de la circulation prévue pour fournir des RRFVC²⁵. Cette information peut donc être utilisée avec les structures existantes des chaussées inscrites dans le catalogue pour réaliser la structure routière la plus économique pour une série particulière de conditions.

5.3.7 Inventaire des matériaux

En tant que partie du processus de la prospection des matériaux, le développement et l'emploi des inventaires des matériaux peuvent aboutir à la réalisation des avantages importants, en particulier aux phases de planification et du dimensionnement des projets des RRFVC. Le Tableau 5.6 résume sommairement les emplois courants de tels inventaires.

Tableau 5.6 - Emplois courants des inventaires des matériaux

Usage courant	Facteurs liés
Recensement	<ul style="list-style-type: none"> Recensement central Une source d'information facilement retrouvable Une référence de développement ultérieur
Baisse des coûts	<ul style="list-style-type: none"> Coûts de conseil réduits
Gestion des matériaux	<ul style="list-style-type: none"> Repérage et identification faciles/rapides de matériau Contribution aux cartes nationales de l'ingénierie géologique
Liaison à des autres systèmes de gestion	<ul style="list-style-type: none"> Etablissement des rapports du comportement des chaussées à entrer dans les systèmes de gestion des chaussées Interface avec les systèmes courants de gestion des laboratoires Contribution aux études des défaillances routières

Spécifications et recherche	<ul style="list-style-type: none">• Appui aux recherches continues• Ajustement des spécifications des matériaux locaux et du dimensionnement• Développement des corrélations entre les propriétés des matériaux locaux et leur comportement
Autres	<ul style="list-style-type: none">• Sources potentielles de revenus

Malgré les avantages potentiels de l'établissement des inventaires de matériau, il faut faire attention soigneuse à leur durabilité en termes des facteurs tels que:

- Capacité institutionnelle
- Entretien, amélioration et mise à jour périodiques du système
- Formation du personnel.

Une première étape dans l'établissement d'un inventaire compréhensif est d'assembler dans une base simple de données, l'information sur les matériaux à partir des comptes-rendus existants préparés par des entrepreneurs et des consultants.

5.4 Dimensionnement de Chaussées

5.4.1 Objectif

Le défi posé par le dimensionnement de chaussée pour des routes à faibles volumes de circulation

“J’ai toujours eu la conviction qu’à bien des égards il est plus facile de dimensionner une chaussée pour une route à forts volumes de circulation que pour une route à faibles volumes de circulation. Sur la route à faibles volumes de circulation, par exemple, on recherche toujours des coûts faibles, ce qui fait le dimensionnement très délicat du point de vue de l’épaisseur, de la qualité des matériaux de la chaussée et du revêtement, de conception géométrique et beaucoup d’autres facteurs”.

Eldon Yoder - un des concepteurs de chaussées les plus éminents de notre époque.

L’objectif du dimensionnement d’une chaussée est de produire une structure d’ingénierie en termes d’épaisseur et de composition qui “harmonise” avec l’environnement local, distribuera les charges de trafic efficacement et fournira un niveau satisfaisant de service, tout en minimisant le coût de la chaussée de toute sa durée de vie, c à d, les coûts initiaux de construction et les coûts ultérieurs d’entretien. Pour réaliser cet objectif, il faut avoir une connaissance suffisante des matériaux, du trafic, de l’environnement local (surtout du climat et du drainage) et de leurs effets réciproques afin de pouvoir prédire avec un degré raisonnable de certitude la performance de toute configuration de chaussée. De plus, il faut y avoir une compréhension claire du niveau de performance et d’état de la chaussée qui est considéré comme satisfaisant dans les circonstances pour lesquelles la structure de chaussée est dimensionnée.

Le dimensionnement de routes à faibles volumes de circulation présente un défi particulier aux concepteurs. Ceci est dû en grande partie au fait que – jusqu’en ces derniers temps – on ne pourvoyait pas spécifiquement à telles routes et la transition d’une route en gravier à une route revêtue était assez importante. De plus, les ingénieurs routiers sont obligés de considérer soigneusement l’environnement au sein duquel les RRFVC doivent être mises à disposition, d’une manière qui est souvent beaucoup plus exigeante que celle de RForêtsVC.

5.4.2 Système de Dimensionnement de Chaussées

Les nombreuses variables et actions réciproques qui influent sur la sélection finale d’une chaussée rendent appropriées l’adoption d’une approche “systèmes” au dimensionnement routier, dans laquelle tous les facteurs ayant une influence sont pris en considération au sein d’un système approprié de dimensionnement. Un tel Système de Dimensionnement de Chaussées est illustré dans la Figure 5.12. Les divers éléments qui comprennent le système sont discutés ci-dessous, avec un accent particulier sur leur relevance à des RRFVC.

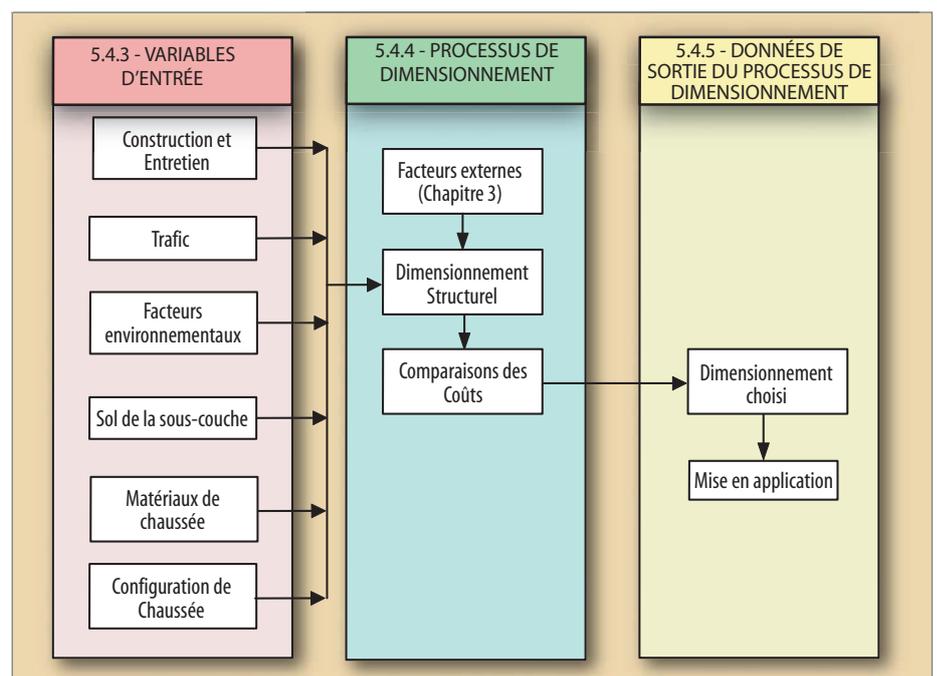


Figure 5.12 - Système de dimensionnement d’une chaussée

5.4.3 Données Variables d'Entrée

Facteurs de Construction et Entretien

Les politiques de construction et de l'entretien peuvent influencer sur la sorte de structure de chaussée adoptée. De plus, les propriétés de beaucoup de matériaux dépendent des influences de la construction, y compris le niveau de compactage et l'étendue de drainage sous-surface fourni. Ces derniers facteurs sont spécialement importants dans le contexte de routes à faibles volumes de circulation et sont examinés plus tard dans cette section. Les questions plus générales de construction et de l'entretien sont examinées dans les Chapitres 6 et 7.

Trafic

La dégradation de routes revêtues occasionnée par le trafic résulte tant de la magnitude des charges à roue que du nombre de fois que ces charges sont appliquées. Pour les buts du dimensionnement de chaussées il est donc nécessaire de prendre en compte non seulement le nombre de véhicules qui utiliseront la route, mais aussi leurs charges à essieu pendant la durée anticipée de vie de la route.

Durée de vie de conception (ans): La durée de vie de conception d'une chaussée dépend d'un nombre de facteurs – surtout de sa fonction. Ainsi une grande route qui remplit une fonction économique évidente et qui supporte des volumes élevés de circulation, serait ordinairement conçue pour une durée de vie plus longue que celle d'une route tertiaire/d'accès qui essentiellement remplit une fonction développementale ou sociale et qui a des volumes relativement faibles de circulation. Le Tableau 5.7 donne des conseils pour la sélection de la durée de vie.

Tableau 5.7 - Conseils pour la sélection de la durée de vie d'une chaussée

Exactitude des données de Conception	Importance/Niveau de Service	
	Bas	Haut
Bas	10 ans	10 – 15 ans
Haut	10 – 15 ans	15 – 20 ans

En dépit de l'intérêt de se servir de stratégies de Construction par Phases du point de vue purement économique, on ne peut pas recommander cette approche s'il y a aucun risque que l'entretien et l'amélioration ne seront pas exécutés correctement au temps approprié.

Estimation du Trafic: Elle est déterminée à partir des enquêtes annuelles appropriées de trafic, conduites pour déterminer les volumes de circulation de chaque catégorie de véhicule en termes de Trafic Moyen Journalier (Annuel) (TMJ (A)). Les différentes sortes d'enquête de trafic pour établir les flux de circulation de base ont été abordées dans la Section 3.2.7 du Chapitre 3.

Suite à la détermination du trafic de base, il y aura besoin d'analyses ultérieures pour déterminer le trafic total de référence, basées sur la prédiction de la croissance de trafic en termes du trafic normal, dévié et généré. Ces prévisions sont très sensibles aux conditions économiques des pays en voie de développement, et les différents facteurs qu'on devrait prendre en considération sont abordés en détail dans de différents textes, tels que le l'Overseas Road Note 31²⁷. (Mémoire Routier pour l'Outremer, No 31). De plus, pour des stratégies de dimensionnement (pour trafic de moins de 0,1 millions ESE), une analyse complexe est rarement exigée, puisque des facteurs environnementaux plutôt que des facteurs de charge imposée par des véhicules souvent dominant et déterminent la performance des routes.

La durée de vie – la période pendant laquelle on peut s'y attendre que la chaussée supportera le trafic anticipé à un niveau satisfaisant de service, sans le besoin de travaux importants de remise en état.

Le Trafic Journalier Moyen (TJM) est défini comme le trafic global annuel dans toutes les deux directions, et divisé par 365. Toutefois, pour les fins de dimensionnement de chaussées, le trafic en une direction (de la voie plus chargée) est requis.

Le trafic de construction peut représenter une proportion importante (parfois 20 - 40 pour cent) de la circulation globale sur une RRFVC, comme indiqué dans la Figure 5.13, et on devrait le prendre en compte pendant l'étape de dimensionnement de la chaussée.

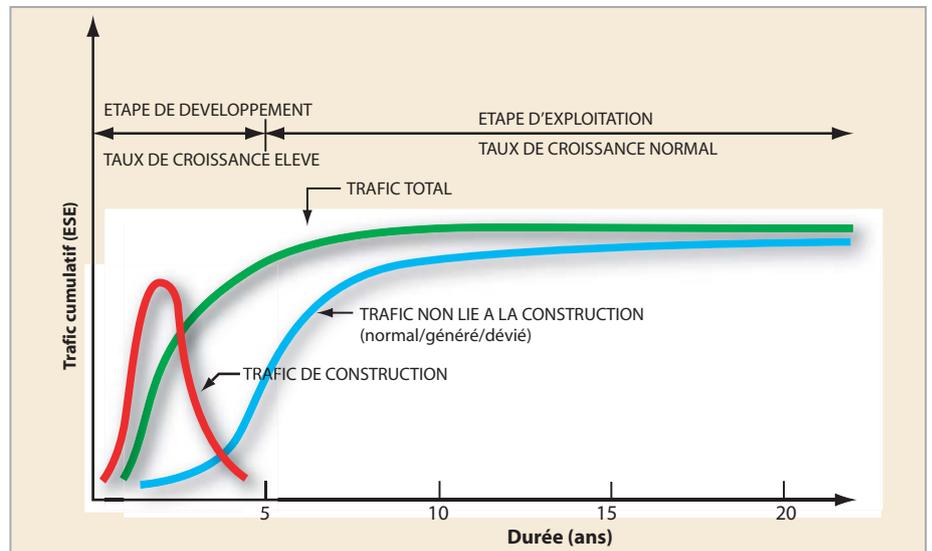


Figure 5.13 - Tendance typique de la croissance de trafic d'une RRFVC

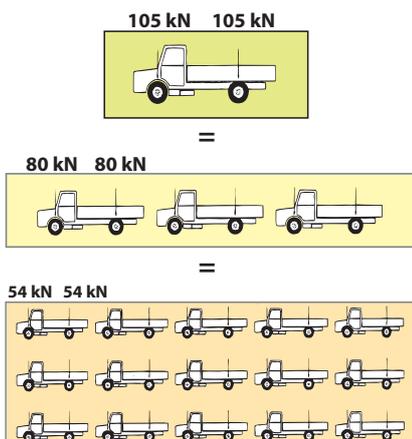
Charge par essieu: Le dommage infligé sur les chaussées dépend dans une très large mesure des charges par essieu des véhicules et du nombre de fois qu'elles sont appliquées. Les données de charge par essieu peuvent être obtenues des résultats des enquêtes sur les véhicules utilisant la route existante ou, dans le cas de nouvelles routes, sur de nouveaux alignements de routes existantes portant du trafic semblable. Les méthodes de faire telles enquêtes ont été décrites dans la Section 3.2.7 du Chapitre 3.

La force endommageante d'une charge par essieu particulière est ordinairement exprimée en termes d'un "essieu standard équivalent" - un concept qui effectivement réduit la nature variée des charges imposées par la circulation à un seul paramètre en termes du dommage structural d'une chaussée. L'expression utilisée pour la détermination de n'importe quelle charge par essieu est basée sur la Loi de la Puissance Quatre, dérivée à partir de l'AASHO Road Test (Essai Routier d'AASHO)¹, comme suit:

$$N = (W/W_s)^n \text{ où } \begin{matrix} N & = & \text{Le Facteur de l'Equivalence de la Charge} \\ W & = & \text{La charge à l'essieu} \\ W_s & = & \text{Essieu standard} \\ n & = & \text{L'exposant de la Loi de la Puissance.} \end{matrix}$$

Pour les buts de la conception, l'exposant, n, de la Loi de la Puissance est généralement accepté comme étant entre les valeurs de 4,0 et 4,5 (ordinairement accepté comme 4,2). Cependant, il est remarquable que la valeur de n soit fortement influencée par le genre de chaussée (granulaire, cimentée etc.) et par la mode de détresse (orniérage, fatigue, déformation de la sous-couche etc.) la résistance et la raideur de la sous-couche et peut varier entre moins de 1 et plus de 18!²⁸

Dans la région de la CDAA il y a des indications que la valeur 4,2 pour l'exposant ne soit pas appropriée pour des RRFVC construites avec des couches de base en gravier naturel, dont la mode principale de la dégradation est souvent l'orniérage. Les charges par essieu très différentes sur deux voies d'une route dans la région, dans laquelle on a utilisé une gamme de matériaux calcaires "non-classiques", ont permis l'estimation de l'exposant de la loi de dommage. On a trouvé que cette valeur rentrait entre 2 et 3, une valeur qui a été confirmée à partir d'autres recherches faites dans la région²⁹.



Trois groupes de véhicules avec des effets endommageants semblables.

Essieux standards équivalents cumulatifs: Suite aux enquêtes sur les charges de trafic et les charges par essieu décrites ci-dessus, la charge cumulative par essieu standard équivalent au cours de la durée de vie de la route est calculée en multipliant le nombre de charges par essieu de chaque groupe de charges dans l'ensemble total de toutes les charges dans la voie portant circulation la plus dense par le facteur pertinent d'équivalence.

Facteurs environnementaux

Des facteurs environnementaux – surtout en termes de la teneur en eau et de température – ont un effet profond sur la performance d'une chaussée. En particulier c'est le cas avec des routes à faibles volumes de circulation ou la détresse provoquée par l'environnement, plutôt que celle liée aux charges, régit la performance de la chaussée¹⁷. Comme la Figure 5.14 montre, ce n'est qu'à des volumes relativement forts de circulation que la détresse liée aux charges joue le rôle dominant dans le comportement de la chaussée.

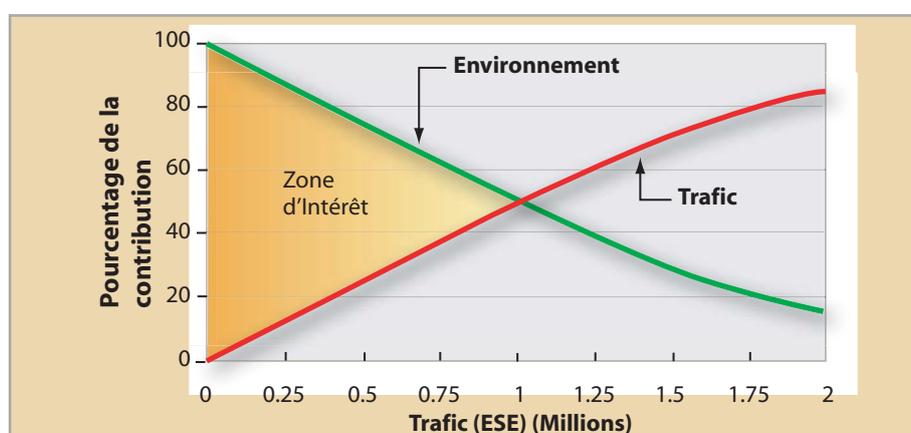


Figure 5.14 - Charges imputables au trafic contre le mécanisme dominant de détresse

Des enquêtes menées dans la région ont indiqué très clairement que des volumes de circulation inférieurs à environ 300 000 – 500 000 ESE n'étaient pas un facteur important de la dégradation de chaussées.

La plupart des méthodes de conception utilisées dans la région de la CDAA pourvoient à des volumes relativement forts de circulation, ordinairement dépassant 0,5 millions d'ESE au cours d'une durée de vie de 10-15 ans, pour lesquels l'accent est mis sur la détresse liée aux charges. Toutefois, dans le cas de la grande proportion de routes à faibles volumes de circulation dans la région, qui généralement portent moins de 0,30 millions d'ESE au cours de leur durée de vie, il faut prêter attention prioritaire à l'amélioration des effets de l'environnement, surtout ceux de la pluie et de la température, sur leur performance, comme discuté ci-dessous.

Climat: Le régime de l'humidité dans lequel une chaussée s'opère a une influence majeure sur sa performance, puisque la résistance et la raideur des matériaux de la chaussée et de la sous-couche dépendent fortement de leur teneur en eau. La teneur en eau, à son tour, est influencée par la zone climatique dans laquelle la chaussée est située.

Environnement d'humidité: Sans doute le défi le plus grand affrontant le concepteur est de mettre à disposition une structure de chaussée dans laquelle les effets défavorables d'humidité sont restreints dans des limites acceptables par rapport aux charges du trafic, la nature des matériaux utilisés, les conditions de construction/d'entretien et le degré de risque acceptable. Ce défi est souligné par le fait que la plupart des routes à faibles volumes de circulation seront construites de matériaux naturels, souvent non traités, qui tendent à être susceptibles à l'humidité. Ceci insiste plus sur l'importance du drainage et du contrôle d'humidité pour la réalisation d'une durée de vie satisfaisante de la chaussée, pour laquelle les facteurs suivants méritent d'être évalués soigneusement pendant l'étape de conception:

- La mode de précipitation et d'évaporation
- La perméabilité du revêtement
- La profondeur de la nappe aquifère par rapport à la structure de la chaussée
- Le genre de matériau dans la sous-couche
- La perméabilité relative des assises de la chaussée (avec inversion de sens ou sans inversion de perméabilité)
- La configuration de la chaussée
- Si les accotements seront scellés ou non.

Les différentes sources de l'infiltration de l'eau dans une chaussée sont illustrées dans la Figure 5.15.

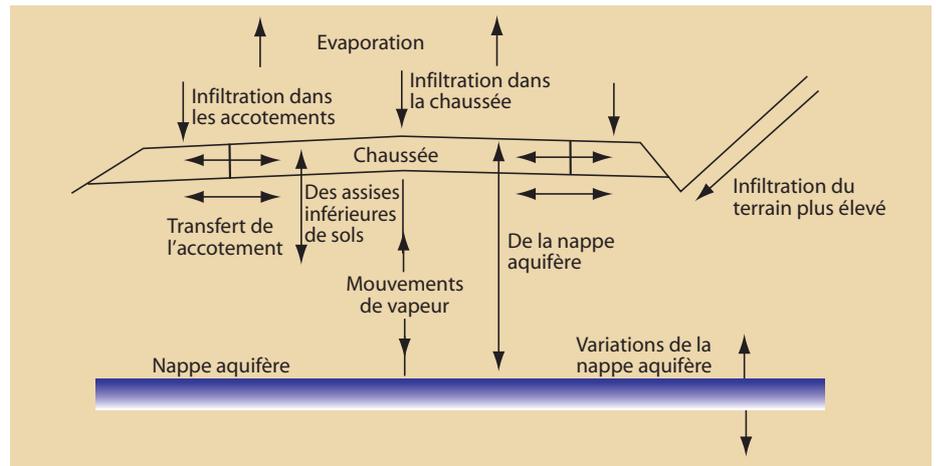


Figure 5.15 - Mouvements de l'eau dans les chaussées et les sous-couches (d'après NAASRA, 1987)³⁰

Perméabilité: Les mouvements de l'eau de chacun des genres illustrés dans la Figure 5.15 sont régis non seulement par la disponibilité de l'eau de différentes sources, mais aussi par la perméabilité de la chaussée, de la sous-couche et des matériaux environnants. La perméabilité du matériau régira la vitesse du mouvement de l'eau dans le matériau. La perméabilité relative des matériaux voisins peut aussi régir les conditions d'humidité. Une décroissance importante de la perméabilité en fonction de la profondeur ou à travers les limites entre les matériaux (c à d l'inversion de perméabilité) peut aboutir à la saturation des matériaux à proximité de l'inversion de perméabilité.

Cadre 5.7 - Signification de la perméabilité du matériau dans le dimensionnement des chaussées

Sans inversion de perméabilité: Il est essentiel pour de bon drainage interne que l'inversion de perméabilité ne se produise pas. Ceci est réalisé en assurant que la perméabilité des assises de la chaussée et de la sous-couche est au moins pareille ou accroît avec la profondeur. Par exemple, la perméabilité de la couche de base devrait être moins que – ou égale à – la perméabilité de la couche de fondation dans un système de trois couches. Pour assurer ceci, il est nécessaire de mesurer ou évaluer l'imperméabilité des assises de la chaussée et de la sous-couche.

Inversion de perméabilité: Il y a une inversion de perméabilité lorsque la perméabilité des assises de la chaussée et de la sous-couche décroît avec la profondeur. Avec l'infiltration de l'eau pluviale, il y a une situation où l'eau peut accumuler à l'interface entre les assises. La création d'une nappe aquifère élevée peut aboutir à la saturation des accotements et le mouillage latéral rapide puisse se produire. Ceci peut aboutir à la saturation de la trace externe de roues dans les couches de base et de support et peut résulter en une défaillance catastrophique de la couche de base sous le trafic. Une inversion de perméabilité souvent se produit à l'interface entre la couche de fondation et la sous-couche, puisque beaucoup de sous-couches consistent en des matériaux cohérents à grains fins. Dans ces circonstances, une approche plus conservatrice de dimensionnement qui pourvoit spécifiquement à ces conditions, est requise.



Le scellement des accotements est très avantageux à la performance des RRFVC, surtout là où des matériaux susceptibles à la teneur en eau sont utilisés.

Là où l'inversion de perméabilité est inévitable, les accotements de la route devraient être scellés à une largeur convenable afin d'assurer que le côté du mouillement latéral n'atteint pas la trace externe de roues de la chaussée. Le drainage latéral peut être promu en construisant les assises de la chaussée avec un dévers transversal exagéré là où une inversion de perméabilité se produit. Bien que celui-ci ne soit pas un moyen efficace de drainer la chaussée, il n'est pas cher et donc en vaut la peine. Le drainage total de la chaussée est rarement économiquement justifiable pour des RRFVC.

Afin de tenir compte au cours du processus de dimensionnement des effets de changements d'humidité sur les résistances des sous-couches et des chaussées, il faut évaluer ces résistances aux teneurs en eau les plus élevés qui seront probablement rencontrées dans ces matériaux pendant la durée de vie de calcul.

En termes du dimensionnement des chaussées, les deux zones d'humidité dans la chaussée d'importance critique sont:

- La zone d'équilibre
- La zone de variation saisonnière de teneur en eau.

Cadre 5.8 - Prédiction de la teneur en eau à utiliser dans le dimensionnement de chaussées

A partir des travaux de recherche faits en Afrique du Sud (dans des régions qui étaient représentatives de beaucoup de l'Afrique Australe) on a conclu que³¹:

- Dans des chaussées de RRFVC au-dessus d'une nappe aquifère profonde (qui comprend une grande partie du réseau routier rural de la région de la CDAA) les teneurs en eau dans la zone d'équilibre ordinairement atteignent une valeur d'équilibre environ deux années après leur construction et puis restent plus ou moins inchangée.
- Dans la zone de variation saisonnière, la teneur en eau de la chaussée n'atteint pas un équilibre et fluctue en fonction des variations de la précipitation. Cette zone est généralement plus mouillée que la zone d'équilibre pendant la saison de pluie, et plus sèche pendant la saison sèche.
- La zone de variation saisonnière étend horizontalement de 600 mm à 1000 mm des bords de chaussées revêtues et est plus en évidence dans les assises supérieures.
- Afin de réaliser une réduction importante de la probabilité que cette partie de la chaussée directement au-dessous de la charge par roue est influencée par des variations saisonnières, il a été conclu que la largeur minimum d'un accotement scellé devrait être un mètre pour de trafic de calcul de 3 millions d'ESE, et 1.2 mètres pour le trafic de calcul excédant 3 millions d'ESE.

Basé sur ce qui a été discuté ci-dessus, il s'ensuit que, si la chaussée d'une RRFVC type a des accotements revêtus, la trace externe de roues sera située au-dessus de la zone de variation saisonnière, et la résistance du matériau de chantier dans cette zone devient critique pendant l'étape de dimensionnement des RRFVC (voir la Figure 5.16). Toutefois, dans le cas des chaussées des RRFVC avec des accotements scellés à une largeur d'au moins un mètre, les charges imposées par le trafic recouvriront la zone d'équilibre où la résistance du matériau de chantier peut être prédit avec plus de confiance et où l'utilisation des résistances de matériaux non-trempés dans le processus de dimensionnement devient possible.

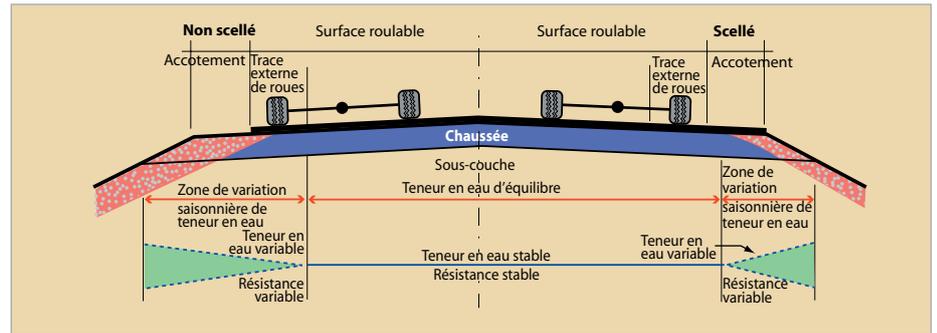


Figure 5.16 - Zones d'humidité dans une RRFVC typique

Température et humidité: La température et l'humidité jouent un rôle important dans la performance d'une chaussée à revêtement bitumineux surtout sur des routes à faibles volumes de circulation. Par exemple, la radiation ultraviolette de la lumière du soleil provoque le durcissement lent continu, la perte d'élasticité et la croissance conséquente de la fragilité et de la fissuration du bitume. Une fois que l'intégrité de la surface est perdue, de l'eau peut pénétrer par les fissures à la structure sous-jacente de la chaussée, aboutissant à une diminution de la résistance de la chaussée et à une vitesse accrue de dégradation sous des charges répétées par roue.

Des combinaisons diverses de température et d'humidité peuvent également aboutir à l'hydrogénèse (c à d, à l'effet de puits-aerien) et à la migration de l'eau sous un revêtement bitumineux. Une explication de ce phénomène est que l'air ambiant, après avoir pénétré dans les assises poreuses de la chaussée, coule à travers la couche d'agrégat de la chaussée³². Dans certaines conditions de température la vapeur aqueuse dans l'air est transférée aux surfaces des particules d'agrégat, où elle forme une assise mince d'eau. A partir de cette explication il est suggéré provisoirement que l'hydrogénèse puisse se produire sous les revêtements de chaussées bitumineuses avec une température moyenne au-dessus de 20°C dans la couche de base, surtout si la gamme de températures diurnes de la couche de base excède 10°C. Ces conditions sont généralement rencontrées en été dans les régions arides et semi-arides de la région de la CDAA. Par conséquent, dans le cas de graviers naturels sensibles à l'eau, il faut pourvoir à l'hydrogénèse pendant l'étape de conception de la chaussée.

Des mesures pour surmonter les effets défavorables de température, y compris le choix judicieux du genre du revêtement et du liant, sont examinées dans la Section 5.5.5.

Sols de sous-couche

Le support fourni par la sous-couche, en termes de sa raideur, est le facteur le plus important de la détermination de l'épaisseur de référence de la chaussée, sa composition et sa performance. La plus rigide la sous-couche, d'autant moins seront les épaisseurs des assises et les résistances des matériaux dont elles sont construites qui sont nécessaires pour le support d'une charge donnée de trafic. Comme sera souligné dans le Chapitre 6, on devrait faire tout effort de se servir au maximum du potentiel de raideur de la sous-couche en la compactant à refus avec le matériel le plus lourd disponible. Toutefois, il faut faire attention d'éviter la mise de certains sols sous tension excessive, surtout ceux ayant une fabrique liée qui pourrait s'effondrer sous le compactage excessif.

Pour un genre donné de matériaux, la résistance et la raideur de la sous-couche dépendent des conditions tant à sa construction qu'en service, en termes de teneur en eau et de la densité. Il est donc essentiel que des estimations de ces deux paramètres soient obtenues comme la base d'établir la condition de référence de la sous-couche sur laquelle la plupart des méthodes de conception de routes à faibles volumes de circulation sont basées.

La densité à laquelle le matériau d'une sous-couche est compacté peut avoir un effet important sur sa résistance. La variabilité des densités est aussi un sujet de souci, puisqu'elles résulteront en déformation différentielle occasionnée par le compactage du trafic.

Il faut aussi prendre en considération la profondeur à laquelle on peut réaliser de compactage effectif. Dans certaines circonstances, la résistance de la sous-couche non améliorée à une profondeur au-dessous de la profondeur du compactage effectif pourrait être un élément critique de la conception du système entier de la chaussée.

A partir des résultats d'enquêtes faites sur une large gamme de régimes climatiques et de genres de sol dans la région de la CDAA^{17,31}, les rapports entre les teneurs en eau mesurées sur le terrain (TET) et les teneurs optimums en eau (TOE) aux périodes les plus pluvieuses de l'année, sont donnés dans le Tableau 5.8.

Tableau 5.8 - Variation des rapports entre les teneurs en eau sur le terrain et les teneurs optimums en eau en fonction de la zone climatique¹⁰

Indice - N de Weinert	>4 (aride, semi-aride)	2-4 (semi-aride/subtropical)	<2 (subtropical/humide)
TE T/TOE*	0,5 - 0,7	0,75 - 1,25	1,0 - 1,5

* Mesurée à la trace externe de roues.

Les résultats de ces recherches¹⁷ fournissent des données critiques d'entrée pour le dimensionnement de RRFVC et peuvent être résumés comme suit:

- Les variables les plus importantes qui influent sur la teneur en eau d'équilibre de la sous-couche sont le genre du matériau et le climat, dont le premier a l'effet dominant.
- La teneur en eau de la sous-couche s'accroît avec des matériaux plastiques plus fins et ordinairement varie en raison inverse de la densité sèche maximum, mais en raison directe de la teneur optimum en eau et la teneur trempée en eau.
- La teneur en eau d'équilibre de la sous-couche s'accroît avec des climats plus humides: dans de la couche de base et de la couche de fondation elle semble être indépendante du climat.
- Le rapport de la teneur en eau d'équilibre à la teneur optimum en eau de la sous-couche et – dans une moindre mesure – de la couche de fondation, s'accroît avec des climats plus humides, mais celle de la couche de base est pratiquement indépendante du climat.

Ces valeurs soulignent l'effet du climat sur la teneur en eau de la sous-couche, aussi bien que l'importance de définir les conditions appropriées de conception des sous-couches, surtout dans le cas des matériaux moins-résistants et plus susceptibles à l'eau.

Matériaux de Chaussée

Sélection de matériaux: Malgré les nombreuses influences qu'il y en a, il y a quelques facteurs dominants de la performance d'une chaussée qu'on peut identifier afin de pouvoir concevoir et construire des RRFVC dans une large gamme d'environnements avec de la confiance raisonnable. Ces facteurs dominants sont:

- Les charges de circulation (représentées par les ESE de référence)
- L'environnement (représenté par la l'Indice N de Weinert /la précipitation)
- Les propriétés des matériaux (représentées par le module de plasticité calculé à partir de l'IP multipliée par la quantité passant le tamis de 0,425 mm).
- La configuration de la chaussée (coupe transversale).

Caractéristiques des matériaux: Les caractéristiques de différents genres de matériau qui ont un effet critique sur la façon dont on peut les incorporer dans une configuration appropriée de chaussée, par rapport à leurs propriétés et les conditions dominantes de trafic, de climat, d'économies et d'évaluation du risque, sont résumées dans le Tableau 5.9.

Tableau 5.9 - Catégories de matériaux de chaussée et leurs caractéristiques relatives

Parameter	Genre de Chaussée			
	Non-lié			Lié
	Non-traité	Traité	Très traité	Intensivement traité
Genres de matériau	Gravier brut	Gravier ciblé	Roche concassée	Gravier stabilisé
Variabilité	Elevée	————— Décroissant —————		Faible
Module de Plasticité	Elevée	————— Décroissant —————		Faible
Evolution de résistance au cisaillement	Cohésion et aspiration	Cohésion/adhésion et imbrication	Imbrication des particules	Imbrication des particules et liaison chimique
Susceptibilité à l'eau	Elevée	————— Décroissant —————		Faible
Philosophie de la conception	Résistance du matériau ne maintenue qu'en état sec	Les critères de sélection réduisent le volume des graviers susceptibles à l'eau, mou et ayant de mal gradé		Résistance de matériau maintenue, même dans un état plus mouillé
Utilisation appropriée	Faible charge de circulation en un environnement très sec	La charge de circulation accroît, l'environnement devient plus humide		Forte charge de circulation en des environnements plus humides
Coût	Bas	Accroissant	Haut	Haut
Fiabilité de l'entretien	Haut	————— Décroissant —————		Low

Configuration de la chaussée

En fonction de l'environnement climatique, il se peut que la teneur en eau des matériaux trouvés dans la nature doive être portée près de la teneur en eau de saturation pour qu'un compactage effectif puisse être réalisé, mais il est essentiel que ces matériaux soient permis de se sécher au moins à leur teneur en eau d'équilibre avant de les sceller. Des spécifications seront nécessaires afin d'assurer que le scellement prématuré n'enferme pas l'eau de construction.



L'emploi d'accotements scellés maintiendra la zone de variation saisonnière à l'extérieur de la trace externe des roues.

De bon drainage externe peut être réalisé par la construction d'un remblai élevé et par la mise à disposition des drains latéraux de profondeur adéquate, c à d par l'accroissement de la hauteur du heurt.

Comme souligné ci-dessus, la configuration de la chaussée est influencée par les caractéristiques des matériaux utilisés et par les effets de l'eau sur leur performance. Ainsi, l'attention aux détails pendant les étapes du dimensionnement de la construction du drainage est essentielle pour la réalisation de la performance optimum. A partir des catégories générales des matériaux et de leurs caractéristiques, comme résumées dans le Tableau 5.9, les configurations correspondantes des chaussées ont été développées pour les trois zones suivantes:

Configuration de la Zone A: Les caractéristiques principales de l'environnement de la Zone A consistent en des volumes de circulation relativement faibles, un climat sec et des matériaux qui dépendent fortement de l'aspiration des sols et les forces cohésives pour l'évolution de leur résistance au cisaillement. Il se pourrait bien que ces forces soient la seule source de la résistance au cisaillement dans ces matériaux relativement faibles, puisque le manque de pierres durables empêche leur dépendance vis-à-vis le frottement interne. Ainsi, même des niveaux modérés de l'eau (saturation de >60%) suffisent à réduire les forces restreignantes aux niveaux où elles aboutissent à la détresse et à la défaillance.

La performance satisfaisante des matériaux de la Zone A ne peut être réalisée que si la chaussée se maintient en une condition relativement sèche et rigide (c à d <80% de la teneur optimum en eau). La réalisation de cet état dépend de la réussite des caractéristiques de la conception utilisées pour entraver le mouvement excessif de l'eau dans l'assise de chaussée, dans les accotements et dans le remblai sous la chaussée. Ceci peut se réaliser en prenant des mesures telles que le scellement des accotements, comme illustré dans la Figure 5.17, ou par la construction d'accotements non-scillés de perméabilité relativement basse, à moins qu'ils n'entravent pas le drainage interne (Section 6.7).

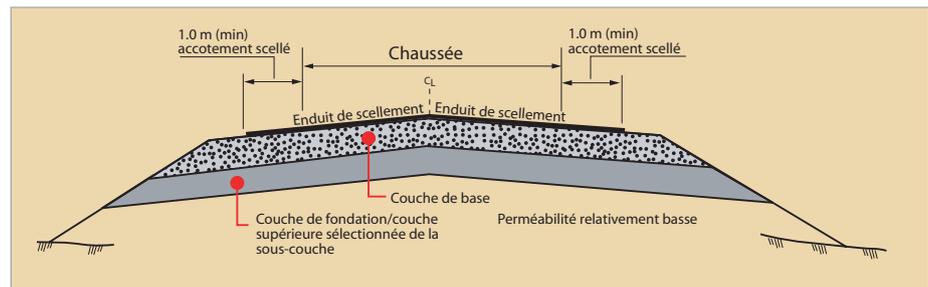


Figure 5.17 - Configuration de chaussée pour des matériaux de la Zone A (matériaux non-traités)

Configuration de la Zone B: Les caractéristiques principales de la Zone B sont la circulation faible à moyenne, un environnement climatique sec à modéré et des matériaux qui ont une dépendance modérée de toute forme de résistance au cisaillement – le frottement, les forces d’aspiration et de cohésion. A cause du potentiel de résistance modéré de tels matériaux, des concentrations d’eau dans la gamme de 60 – 80% de la teneur en eau de saturation peuvent en être assez pour réduire la contribution à la résistance de l’aspiration ou de la cohésion suffisamment pour aboutir à la détresse et la défaillance.³³ A cause de la nature variable de ces matériaux et de leur drainage interne médiocre, l’accent devrait être sur l’éloignement de l’eau à distance du système de chaussée par le scellement des accotements, ainsi que par l’utilisation de matériaux de chaussée qui peuvent fournir un composant de frottement de la résistance au cisaillement.

Configuration de la Zone C: Les caractéristiques principales de la Zone C sont une circulation moyenne à haute, un environnement climatique modéré à humide et des matériaux qui ont une dépendance mineure des forces d’aspiration et de cohésion et qui dépendent soit:

- (a) Du frottement interne, qui est maximisé lorsque l’agrégat est dur, durable et a une granulométrie continue (des matériaux granulaires, non-traités), ou
- (b) Des forces physico-chimiques qui ne sont pas influencées directement par l’eau (matériaux granulaires traités).

Des niveaux très élevés de saturation (80% à 100%) aboutiront à la détresse qui ordinairement résulte des effets de la pression interstitielle sous les charges par roue et de la mobilisation de la plasticité des tamisats fins³³. Afin d’éviter cette situation, de différentes caractéristiques de conception seront requises, y compris:

- Des accotements scellés
- L’emploi d’une couche inférieure sélectionnée à perméabilité faible de la couche de fondation pour protéger la sous-couche des mouvements d’eau
- Une couche de fondation dont la perméabilité est au moins égale à celle de la couche de base et capable d’évacuer de l’eau dans les drains latéraux profonds.

5.4.4 Processus de Conception

Facteurs externes

Un nombre de facteurs, qui sont souvent d'une nature non-technique, peut avoir une influence importante sur le processus de la conception d'une chaussée. Ces facteurs (politiques, sociaux, institutionnels etc.) ont été examinés dans le Chapitre 3 et ne sont pas répétés dans cette section.

Dimensionnement structurel

Au cours des 25 dernières années, plusieurs méthodes de dimensionnement de chaussées ont été développées en Afrique Australe, basées tant sur des méthodes mécanistiques que sur des méthodes empiriques. De plus, plusieurs méthodes ont été importées et adaptées des méthodes de l'outre-mer pour l'utilisation dans la région.

Méthodes Mécanistiques/Analytiques: Les méthodes mécanistiques sont basées sur les résultats des études de laboratoire concernant le comportement mécanique de la chaussée, au cours desquelles les matériaux sont exposés à des tensions et efforts mesurés. Puis une théorie convenable pour calculer les tensions et les efforts dans la chaussée, en association avec une fonction de transfert (ou un facteur de calibrage) est utilisée, qui associe la réponse mécanique obtenue à partir des études de laboratoire au comportement réel de la chaussée même.

Les méthodes mécanistiques/analytiques de conception exigent beaucoup d'essais sur le matériau et d'effort de calculs préalablement à leur utilisation correcte. De plus, leur mise en application à des matériaux très variables qui se trouvent dans la nature, et dont la plupart des RRFVC sont composées, est discutable et, puisqu'elles simulent la dégradation environnementale très médiocrement, elles ne sont pas très convenables aux RRFVC.

La South African Mechanistic Design Method – SAMDM³⁴ (La Méthode Sud-africaine de Conception Mécanistique – MSACM³⁴), qui est basée sur un modèle d'élasticité linéaire, et l'Elasto-Plastic Design Method (S-N Method) (La Méthode Elasto-Plastique de Conception – la méthode S-N) sont des exemples des méthodes mécanistiques utilisées dans la région de la CDAA pour la conception de chaussées. Ces méthodes ont été utilisées en Afrique du Sud dans l'élaboration de manuels simplifiés de conception, tels qu'un catalogue de structures dans lequel les matériaux communément disponibles dans la région ont été testés et dont les résultats ont été utilisés pour l'élaboration des dimensionnements d'épaisseur³⁵.

Méthodes empiriques: Des méthodes empiriques sont dérivées à partir des études empiriques du comportement de chaussées, dans lesquelles la conception est basée sur des pratiques antérieures efficaces. Il est probable que des méthodes empiriques seront satisfaisantes, pourvu que les matériaux, l'environnement et les conditions de charge ne diffèrent pas considérablement de celles appliquées au cours des études empiriques originales, sur lesquelles les conceptions furent basées. Ainsi l'élargissement des méthodes empiriques à des charges différentes, à des matériaux différents et à des conditions environnementales différentes ne peut se réaliser qu'après la conduite d'expériences routières approfondies qui sont coûteuses et prennent du temps.

Des méthodes empiriques ont été utilisées dans l'élaboration de plusieurs catalogues de conceptions simplifiées de structures dans la région de la CDAA, tels que le TRL ORN 31 (1993)²⁷ communément utilisée et le DCP Design Catalogue (Catalogue de Conceptions du PC^D)³⁶.

Convenance des Méthodes de Conception: L'idéal serait d'avoir une méthode appropriée de conception de chaussées qui est basée sur l'expérience et sur la théorie fondamentale du comportement de la structure et des matériaux, développée sur le temps. Elle devrait aussi prendre en compte les conditions locales du climat, de la circulation, des matériaux locaux disponibles et d'autres facteurs environnementaux. Ainsi elle devrait permettre au concepteur de réaliser une structure appropriée de chaussée avec assez de capacité portante

de porter le trafic anticipé le long de sa durée de vie à un niveau terminal prédéterminé de service.

Les facteurs suivants fournissent un point de référence contre lequel on peut évaluer la convenance des méthodes actuelles de conception en termes de leur mise en application pour des RRFVC:

- Catégories de dimensionnement des sous-couches: Elles devraient être suffisamment étroites pour profiter de la gamme des matériaux résistants de sous-couche qui dominent dans les zones vastes de la région
- Catégories du trafic de référence: Elles devraient être suffisamment étroites pour pourvoir progressivement à des charges de référence de circulation dans la gamme jusqu'à 500 000 ESE
- Catégories de matériau: Il devrait y avoir un nombre suffisant de catégories pour pourvoir à la gamme entière et aux différentes propriétés des roches résiduelles altérées se trouvant dans la nature (par ex. le granite, le quartzite) et des pédocrètes (par ex. le calcrete et le ferricrete) qui se trouvent très répandus dans la région
- Spécifications des matériaux: Elles devraient être basées sur la performance éprouvée en terrain par rapport à des facteurs tels que la circulation, la catégorie de conception de la sous-couche, de la conception du revêtement et de la zone géo-climatique.

Basées sur les critères cités ci-dessus, les différentes méthodes de conception ordinairement utilisées dans la région de la CDAA ont été évaluées pour déterminer leur applicabilité à des routes à faibles volumes de circulation. Celles mentionnées dans le Tableau 5.10 ont été trouvées généralement convenables, à condition qu'on s'en serve d'une façon flexible plutôt que d'une manière prescriptive.

Tableau 5.10 - Des méthodes de conception de chaussées qui sont appropriées pour la région de la CDAA

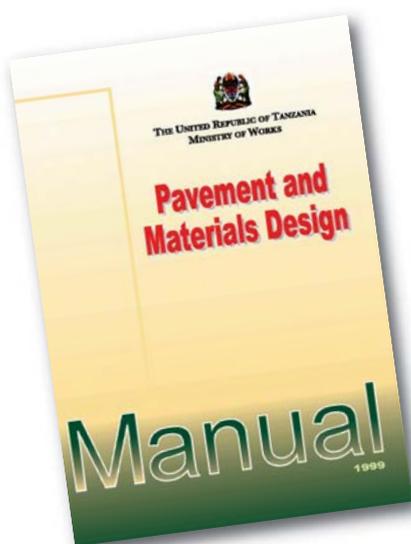
Méthodes Mécanistiques Empiriques	Méthodes empiriques
Méthode S-N (1993) ³⁷	Méthode à PDC (1984) ³⁶
TRH4 (1996) ³⁵	SATCC Pavement Design Guide (1997) ³⁸ (Guide CTCAA de la Conception de Chaussées, 1997)
	TRL ORN 31 (1993) ²⁷
	TRL/SADC Pavement Design Guide (1999) ¹⁷ TRL/CDAA Guide de la conception de Chaussées, 1999)

En sus des méthodes génériques de conception de chaussées citées ci-dessus, il y a d'autres guides/manuels nationaux qui ont été élaborés dans plusieurs pays de la région. Des exemples les plus proéminents sont:

- Zimbabwe Pavement Design Guide (1975)³⁹
(Guide Zimbabwéenne de la Conception de Chaussées, 1975)
- Botswana Roads Design Manual (1982)⁴⁰
(Manuel de la Conception Routière de Botswana, 1982)
- Tanzania Pavement and Materials Design Manual (1999)⁴¹
(Manuel de Conception de Chaussées et de Matériaux de Tanzanie, 1999).

Aucune des méthodes mentionnées ci-dessus n'est directement comparable entre elles, sauf au cas par cas, puisqu'elles diffèrent en ce qui concerne un nombre de détails tels que la gamme de catégories de circulation et de conceptions de la sous-couche, la résistance de référence de la sous-couche, (à teneur en eau trempée contre la teneur optimum en eau) etc. A cet égard, quelques méthodes sont plus conservatrices que d'autres. Néanmoins, toutes ces méthodes sont basées sur les travaux de recherche/d'étude faits dans la région spécifiquement pour la mise en application à des routes à faibles volumes de circulation.

Le concepteur devrait devenir complètement versé dans les détails de chacune des méthodes mentionnées ci-dessus avant d'en adopter une particulière dans sa partie de la région de la CDAA. Ces méthodes sont documentées complètement dans la littérature.



Les méthodes génériques de conception sont résumées brièvement ci-dessous:

Méthode S-N de conception de chaussées (1993): La méthode S - N (Elasto-Plastique) est une méthode mécanistique basée sur les comportements elasto-plastiques des matériaux granulaires des chaussées et des revêtements bitumineux. Une analyse non-linéaire est employée pour modéliser la chaussée en association avec des fonctions dérivées de transfert calibrées à partir des résultats d'essais à HVS (Heavy Vehicle Simulator – Simulateur de Véhicules Lourds, SVL) pour prédire la déformation plastique (orniérage) dans les couches granulaires.

Cette méthode a fourni la base de l'élaboration d'un catalogue de structures de chaussée destiné spécifiquement pour des routes à faibles volumes de circulation.

TRH 4 (1996): La méthode TRH4 de conception est basée sur la South African Mechanistic Design Method (Méthode mécanistique Sud-africaine de conception) dans laquelle on se sert de l'analyse de l'élasticité linéaire pour modéliser la chaussée dans laquelle les efforts et les tensions qui sont les plus probables d'entamer la défaillance d'un genre spécifique de matériau sont rapportés à la charge par la circulation, par le moyen de fonctions appropriées de transfert, dont plusieurs ont été calibrées à partir des essais du SVL.

La Méthode de Pénétromètre Dynamique à Cône: La méthode PDC est une méthode empirique qui fut développée en Afrique du Sud et qui se sert des portances mesurées in situ des chaussées existantes et les corrèlent avec les résultats des essais SVL des matériaux de genres de chaussée semblables.

SATCC Pavement Guide (1997) (Guide CTCAA de Dimensionnement de Chaussées, 1997): Le guide CTCAA de Dimensionnement de Chaussées est un catalogue de structures de chaussée qui étaient développées à partir d'une étude en bureau des pratiques considérées appropriées à la région, principalement comme exemplifiées par l'Overseas Road Note 31 de TRL (1993) (*Mémoire Routier pour l'Outremer 31*) et le TRH 4 (1996).

TRN ORN 31 (1993): Ce Guide est basé sur les résultats des recherches et sur l'expérience gagnée dans plus de 30 pays, plutôt tropicaux et subtropicaux. Des éditions antérieures ont été utilisées dans le monde entier pour la conception de RRFVC. L'édition la plus récente (1993) traite d'une gamme plus extensive de matériaux et de structures, avec un catalogue de conceptions qui pourvoient à des niveaux de circulation jusqu'à 30 millions d'essieux standard.

TRL/SADC Pavement Design Guide (1999) (Guide TRL/CDAA de Conception de Chaussées, 1999): Ce Guide est basé sur la surveillance et sur des essais sur des tranches sélectionnées de routes des réseaux existants en Botswana, Malawi, Zambie et Zimbabwe pour faciliter l'évaluation des conceptions. Les recherches concentraient sur la mesure des performances des chaussées avec le temps et du trafic et en des conditions climatiques différentes. Elles ont aussi identifié des caractéristiques qui doivent être incluses dans la conception routière pour minimiser le risque, y compris les effets environnementaux, la performance de matériaux "non-classiques" et les modes vraies de la dégradation. Le résultat de ce programme de recherche était l'élaboration d'une série de nouvelles cartes de conception structurelle et d'un procédé de conception de matériaux pour des routes à faibles volumes de circulation dans la région, basée sur une gamme large de niveaux de circulation, des catégories de sous-couches de référence, des genres de matériau et des zones géo-climatiques.

Processus de dimensionnement de chaussées: Les étapes principales à suivre en réalisant une conception pour la chaussée d'une RRFVC comprennent:

- L'évaluation de l'importance de la circulation et du nombre cumulatif d'essieux standard qui exploiteront la route le long de la durée de vie choisie
- L'évaluation de la résistance du sol de la sous-couche sur laquelle la route va être construite
- La sélection de la combinaison la plus économique de matériaux de chaussée et d'épaisseurs des assises qui rendront le service le plus satisfaisant pendant la durée de vie de calcul de la chaussée.

Bien qu'une grande partie du processus discuté ci-dessus puisse sembler relativement simple et pas compliquée, il y a un nombre d'aspects ayant rapport aux RRFVC qui doivent être pris en considération. Ces aspects sont soulignés dans le processus de conception générique présenté dans le Tableau 5.11.

Tableau 5.11 - Liste de contrôle typique des facteurs de conception de chaussées des RRFVC

Paramètre Principal	Aspect influent	Question de RRFVC
Philosophie de conception	- niveau de service - norme de conception - environnements s'influençant mutuellement	- convenable pour des RRFVC - emploi des normes appropriées - nécessité de pourvoir à des facteurs externes
Stratégie de conception	- fonction/classement de la route - période d'analyse - durée de vie de calcul - construction par phases?	- primaire, secondaire ou tertiaire - courte/moyenne/longue? - courte/moyenne/longue? - implications pour la conception
Circulation de référence	- genre et comptage - charges par essieu - facteurs d'équivalence - exposant de puissance - pressions des pneus	- fiabilité des données - facteurs saisonniers; projections de croissance - motorisée et non motorisée - facteurs du dommage - effet de surcharge - trafic de construction - base de choix - base de choix (<4?, >4?) - impact, contre-mesures dans la conception
Matériaux	- genre et disponibilité - stratégie de sélection - sensibilité à l'eau - sols problématiques (par ex. sols expansifs) - essais	- propriétés et l'impact sur la conception - spécifications et méthodes d'essai - impacts sur la conception et sur le profil en travers - contre-mesures dans la conception - méthodes appropriées d'essai
Environnement	- région climatique - régime hydraulique - température et humidité - influences modérantes - climat (par ex. El Niño)	- aride/semi-aride, semi-aride/subtropicale; subtropicale/humide? - trempé, non trempé, teneurs d'équilibre en eau pour la conception? - durcissement des bitumes par vieillissement, hydrogénèse - irrigation, végétation, déboisement - considération à long terme
Considérations pratiques	- drainage et hydrologie	- drainage interne et externe - hauteur de remblais; élévation du heurt au-dessus du radier du drain
Conception structurelle	- méthode de dimensionnement de chaussée	- emploi de méthodes appropriées de conception - accotements scellés ou non scellés
Analyse des coûts	- analyse des coûts de la durée de vie de calcul	- méthodes d'analyse économique (surplus de producteur, surplus de consommateur?) - outils d'évaluation (HDM 4, DER etc.)

Comparaisons des Coûts

Afin d'arriver à une solution optimum de conception des chaussées, il faut faire une analyse des coûts de la durée de vie de calcul de toutes les options potentielles de conception ayant la capacité de fournir le niveau de service requis au coût le plus bas pour la période de l'analyse.

Les facteurs économiques principaux qui déterminent le coût de la chaussée comprennent:

- La durée d'analyse
- La durée de construction structurelle
- Les coûts de construction
- Les coûts d'entretien
- Les coûts d'utilisateurs de routes
- Le taux d'actualisation.

Le coût de la durée de vie associé avec une option particulière de conception est illustré dans la Figure 5.18.

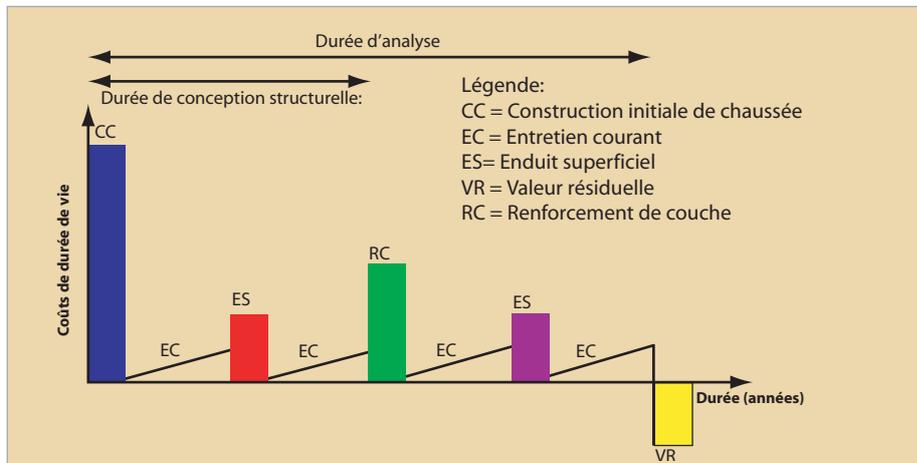


Figure 5.18 - Composantes d'une analyse typique des coûts de la durée de vie

Comme indiquée dans le Tableau 5.7, une durée de vie relativement plus courte est souvent utilisée pour des routes à faibles volumes de circulation. De plus, les coûts d'usagers de route n'ont nécessairement aucun rapport au trafic et – surtout – à la limite basse du spectre de circulation – peuvent se manifester autrement.

La solution de conception optimum de chaussées – qui devrait être l'objectif de la conception – est un équilibre entre les coûts de construction, d'entretien et des usagers de route et, comme illustrée dans la Figure 5.19, est très liée au trafic⁴². Par conséquent, il se pourrait bien qu'une chaussée à capacité structurelle initiale optimum d'une RRFVC ait des coûts plus bas de construction mais, au cours de sa durée de vie, ils seraient compensés par des coûts plus élevés d'entretien et d'exploitation des véhicules.

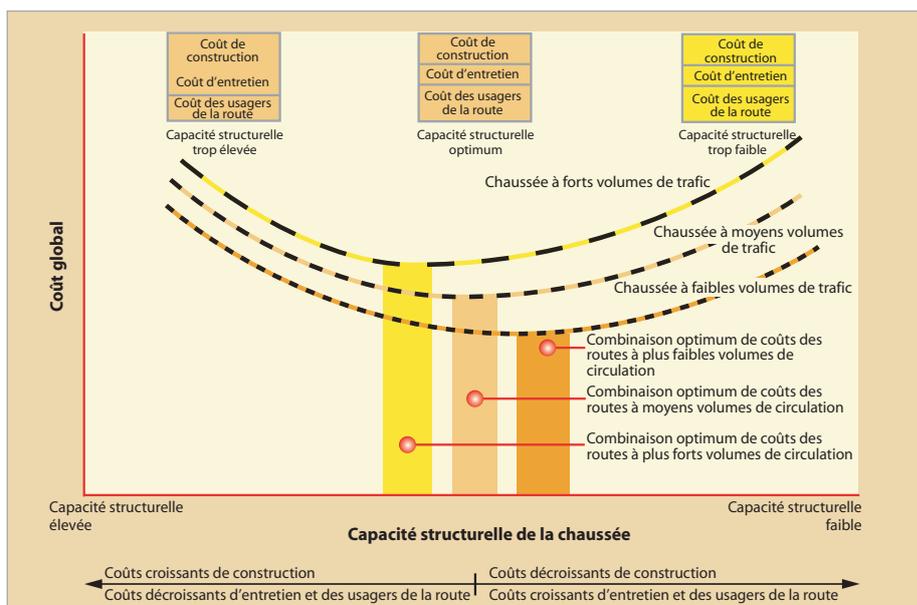


Figure 5.19 - Coûts combinés de différentes capacités structurelles de chaussées

5.4.5 Données de Sortie de la Conception

Conception Sélectionnée

L'analyse de coûts devrait être considérée comme une aide à décider, puisqu'elle ne comprend nécessairement pas tous les facteurs aboutissant à une décision et donc ne devrait pas emporter sur toutes les autres considérations. Ces autres considérations comprennent les différents facteurs exogènes examinés dans le Chapitre 3, qui sont d'une importance particulière dans la mise à disposition des routes à faibles volumes de circulation.

Quantification et Réduction de Risque.

Un des aspects principaux concernant l'utilisation de matériaux marginaux et de structures minces de chaussée est la croissance perçue de la risque de défaillance, surtout en ce qui concerne l'impact défavorable de l'eau sur la performance de la chaussée. Ainsi, une fois qu'on a sélectionné la conception finale et la construction de la chaussée a commencé, il est nécessaire de s'assurer que les suppositions critiques de conception sont incorporées dans la chaussée tant préalablement qu'après la construction. Elles comprennent:

- La fourniture de drainage
- La qualité des matériaux
- La portance de la sous-couche
- Le contrôle de la construction
- La surcharge
- L'entretien.

Selon les circonstances, quelques-uns de ces facteurs seront plus importants que d'autres. En principe, on peut s'attendre que le risque de défaillance s'accroisse si un nombre de facteurs est relâché à la même fois. Si l'une ou l'autre des suppositions utilisées dans la conception ne peut pas être réalisée à cause de quelque contrainte imprévue, il se peut qu'il soit possible de modifier l'ensemble de la conception en plusieurs façons. Par exemple, il puisse être possible d'abaisser des normes des matériaux, mais il puisse être un besoin concomitant d'améliorer le drainage et la portance ou, si les suppositions de la conception ne sont pas réalisées dans les couches inférieures de la chaussée, il puisse être possible de modifier la conception dans son ensemble en utilisant des matériaux plus résistants dans les couches supérieures ou en utilisant des assises plus épaisses dans les parties supérieures de la chaussée.

En fin de compte, comme chez tout projet routier, le contrôle de la qualité de construction, de l'entretien et de la surcharge assurera que les avantages maximums seront obtenus de la conception recommandée.

Performance

Cadre 5.9 - Pourquoi les couches de bases des routes en gravier sont-elles plus performantes qu'on avait prédit?

Beaucoup de chaussées bitumineuses construites en gravier naturel ont été exceptionnellement performantes, malgré des surcharges étendues (suivant la loi de l'exposant quatre) et leur entretien médiocre. Les facteurs suivants peuvent l'expliquer:

- la charge par trafic réduite (une "vie" prolongée) résultant de l'utilisation d'un exposant inappropriée de dommage
- l'utilisation de bons (résistants) matériaux
- une épaisseur de référence de chaussée basée sur des conditions trop conservatrices de sous-couche saturée
- un environnement essentiellement sec
- des assises de chaussée plus rigides que celles prévues à l'étape de conception (couche de base, couche de fondation et sous-couche)
- des spécifications inappropriées des matériaux.

Les incertitudes ci-dessus soulignent la nécessité de développer des rapports locaux appropriés entre les normes, les spécifications et les performances des chaussées.

5.5 Revêtement

5.5.1 Introduction

Comme souligné dans ces Directives, dans beaucoup de pays de la CDAA, les gisements de gravier constituent non seulement une source finie et non-renouvelable mais, dans beaucoup de régions ils sont inexistantes ou inaccessibles. De plus, on a de plus en plus pris conscience du fait que, même à des volumes de circulation assez faibles, l'amélioration des routes non-revêtues à un niveau scellé puisse être plus coût-efficace que l'entretien d'une route en gravier non-revêtu. Par conséquent on s'attend que l'utilisation d'enduits superficiels bitumineux au-dessus des structures légères de chaussée pour l'amélioration d'une tranche importante des routes en gravier dans la région de la CDAA devienne de plus en plus générale.

Il existe une large gamme d'enduits superficiels bitumineux qui peut être utilisée sur des RRFVC. En sus des enduits traditionnels à gravillonnage, il y a quelques "revêtements alternatifs" relativement peu connus qui, en des circonstances appropriées, permettent l'utilisation judicieuse de matériaux locaux "non classiques" dans des situations où le coût de l'utilisation de matériaux conventionnels serait prohibitif. Il y a aussi une gamme de techniques de revêtements bitumineux à fort coefficient de main-d'œuvre qui, bien qu'on les exploite encore insuffisamment, ont le potentiel de fournir d'emploi à des menus entrepreneurs et à des communautés locales.

5.5.2 Objectif

L'objectif principal de cette section est de souligner la large variété des genres d'enduit superficiel qui sont disponibles pour l'utilisation dans des RRFVC et de fournir des conseils concernant leur sélection par rapport à une gamme de circonstances dominantes. Ainsi, cette section traite des aspects suivants de revêtements pour des RRFVC:

- Le rôle et la fonction des revêtements
- Les genres et caractéristiques de performance
- Les composants, propriétés et spécifications
- La conception des revêtements
- La sélection de genre de revêtement



Une route en gravier typique.

5.5.3 Rôle et fonction des revêtements

Les revêtements de chaussées remplissent une variété de fonctions, dont les avantages sont supérieurs à ceux des routes non-scellées. Les caractéristiques de ces fonctions sont:

- Elles scellent et protègent la couche de base et fournissent de la résistance à la surface de la route pour que cette dernière puisse résister aux forces abrasives de la circulation
- Elles transmettent à la couche de base les forces verticales et horizontales imposées par le trafic roulant. Elles n'ont aucune capacité importante de répartition des charges
- Elles protègent la chaussée contre l'entrée de l'eau et par conséquent empêchent la perte de résistance des chaussées, ainsi permettant l'utilisation de beaucoup de matériaux qui, autrement ne seraient pas convenables
- Elles améliorent la sécurité en réalisant une surface supérieure résistante au dérapage, dépourvu de tôles ondulées, de poussière et de boue et souvent en améliorant la réflectivité et en facilitant la mise en application du marquage de chaussée
- Elles empêchent la perte de graviers, ayant pour conséquence l'élimination des coûts de remplacement de gravier, une source finie et non-renouvelable
- Elles aboutissent à des économies des coûts d'exploitation des véhicules résultant de l'amélioration de la qualité de roulement et à des coûts réduits d'entretien requis pour maintenir un niveau acceptable de service.



Une RRFVC a beaucoup d'avantages par rapport à une route non-revêtu. Dans certaines circonstances un revêtement bitumineux est justifié à des volumes de circulation de moins de 100 vpj.

5.5.4 Genres de revêtement et leurs caractéristiques de performance

Genres de Revêtement

Il y a plusieurs genres de revêtement qu'on peut utiliser sur des RRFVC dans la région de la CDA. Ils sont illustrés dans la Figure 5.20.



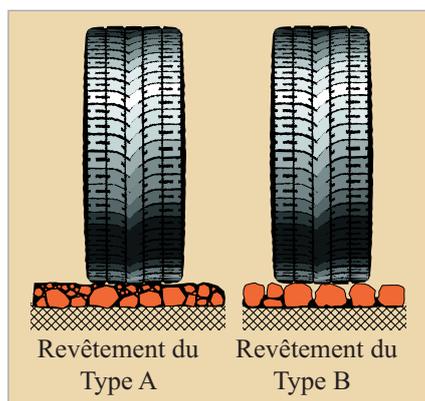
Enduit à sable.



Enduit à double gravillonnage.



Enduit Otta avec un enduit à sable.



L'enduit du Cap est un genre d'enduit qui est un hybride entre les revêtements de catégories A et B.

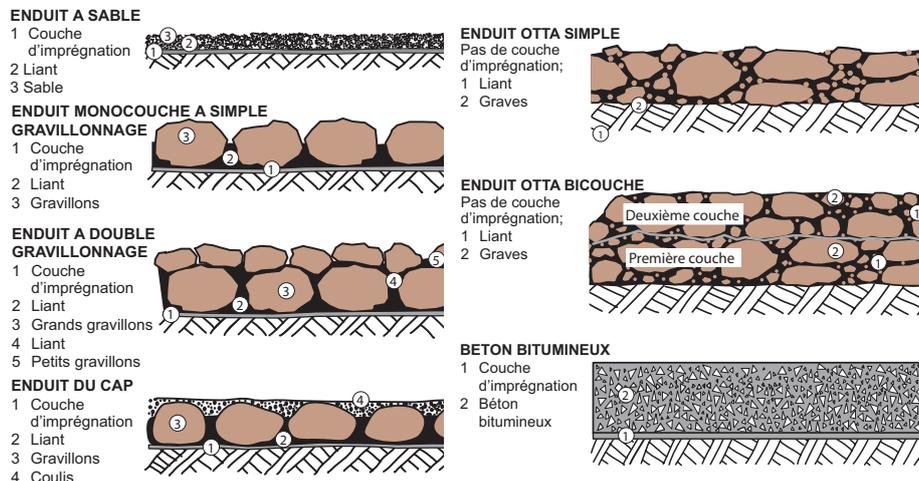


Figure 5.20 - Représentation schématique de différents genres de revêtements bitumineux en usage courant

Les genres de revêtement indiqués ci-dessus offrent une gamme d'options et de possibilités d'aborder au défi spécifique de fournir des revêtements routiers appropriés, abordables et durables. Ils ont été développés afin d'être mis en application à des situations spécifiques concernant les volumes et les genres de circulation, l'environnement, les structures de chaussée, la disponibilité des matériaux etc. Le défi est de mettre en rapport le genre de revêtement avec les circonstances dominantes de la façon la plus coût-efficace et durable.

Mécanisme de performance

Les différents enduits superficiels bitumineux (à l'exclusion du béton bitumineux) illustrés dans la Figure 5.20 peuvent être classés en deux catégories concernant les mécanismes de leur performance sous le trafic, comme suit:

Catégorie A: (Enduit à sable, coulis, enduit Otta)

Ces genres d'enduit dépendent dans de différentes mesures de la combinaison de l'imbrication mécanique des particules et de l'effet liant du bitume pour leur résistance, comparable à celle d'une enrobé bitumineuse. L'application première de la circulation et/ou le compactage lourd est requis pour le développement d'une assise mince de bitume autour des particules. Ce dernier étant donné, le délogement et la perte des gravillons sont relativement peu probables.

Sous la circulation l'enduit se comporte comme une nappe absorbante des tensions qui consiste en un mélange de bitume et d'agrégat – un mécanisme de performance qui est tout différent de ceux de revêtements de la Catégorie B.

Catégorie B: (Enduit à gravillons)

Ce genre d'enduit dépend du liant pour "coller" les particules d'agrégat à la couche de base, celui-ci étant l'objectif principal du liant. Là où il y a un contact "côté à côté" des gravillons, de l'imbrication mécanique se produit. Si la liaison entre le bitume et l'agrégat est rompue par la circulation, à cause d'adhérence médiocre, par le manque de résistance mécanique, par l'entrée de l'eau ou par beaucoup d'autres causes, la perte des agrégats par le trafic est presque inévitable. Sous le trafic, l'agrégat est en contact direct avec les pneus et exige une résistance relativement élevée au concassage et à l'abrasion pour disperser les tensions sans produire de la détresse.

Le mécanisme de performance des enduits à coulis est très semblable à celui d'un enrobé bitumineux, qui tend à durcir relativement vite et à devenir rigide et cassant. Le comportement d'enduits à sable est semblable à celui d'un enduit à coulis mais ils tendent à rester souple plus long temps. En conséquence de la différence entre les mécanismes de performance entre la Catégorie A et la Catégorie B, il y a aussi des différences nettes entre eux à l'égard des caractéristiques telles que les exigences matérielles, l'approche à la conception et les caractéristiques de construction. Des exemples de ces différences figurent dans le Tableau 5.12.

Tableau 5.12 - Différences relatives dans les propriétés requises entre les genres de revêtement sur des RRFVC

Paramètre	Catégorie A	Catégorie B
Qualité de l'agrégat	Exigences relâchées en termes de résistance, forme de grains, adhérence de liant, teneur en poussière etc. Permet l'utilisation extensive de graviers naturels.	Exigences strictes en termes de résistance, forme de grains, adhésion du liant, teneur en poussière etc. Permet l'utilisation restreinte de graviers naturels locaux.
Genre de liant	Des liants relativement mous (de basse viscosité) sont requis.	Des liants relativement durs (de haute viscosité) sont généralement utilisés.
Conception	Approche empirique. Dépend du guide et d'une conception tentative sur chantier. Sensible à des changes de dimensionnement pendant la construction.	Approche rationnelle. Dépend d'essais confirmatoires sur chantier. Ne conforme pas facilement à des changes de dimensionnement pendant la construction.
Construction	Pas sensible à la qualité du travail. Des approches à fort coefficient de main-d'œuvre sont faciles à entreprendre lorsqu'il est nécessaire.	Sensible à la qualité du travail. Des approches à fort coefficient de main-d'œuvre sont faciles à entreprendre lorsqu'il est nécessaire.
Durabilité de l'enduit	Durabilité accrue à cause de l'utilisation de liants relativement mous et d'une matrice dense de l'enduit.	Durabilité réduite résultant de l'utilisation de liants relativement durs et d'une matrice ouverte de l'enduit.

Caractéristiques de Performance

La performance d'un revêtement en termes de sa durée de vie dépend d'un nombre de facteurs, y compris:

- Le genre de revêtement
- La structure de chaussée (portance)
- Le trafic utilisant la route
- L'environnement
- Les caractéristiques routières (géométrie, courbure, gradient, dévers, intersections etc.).



Un exemple d'un enduit Otta double (avec de granite décomposé) après 10 ans en service dans un environnement dur et semi-aride sans presque aucun entretien.

L'expérience dans la région de la CDAA a indiqué les gammes approximatives des durées de vie des revêtements pour les genres différents d'enduits figurant dans le Tableau 5.13. En sus des facteurs figurant ci-dessus, la durée de vie d'un enduit dépendra aussi des facteurs tels que la qualité de l'agrégat, le genre de bitume, la durabilité et la qualité de construction.

Tableau 5.13 - Durée de vie anticipée de quelques enduits superficiels typiques

Genre d'enduit superficiel	Durée de vie typique (ans)
Enduit à sable	2 - 4
Coulis	2 - 6
Enduit à gravillonnage simple	4 - 6
Enduit double à sable	6 - 9
Enduit à double gravillonnage	7 - 10
Enduit Otta simple plus enduit à sable	8 - 10
Enduit du Cap (13mm + coulis simple)	8 - 10
Enduit du Cap (19mm + coulis double)	12 - 16
Enduit Otta bicouche	10 - 14

5.5.5 Composants, Propriétés et Spécifications

Les composants principaux d'enduits superficiels bitumineux sont l'agrégat et le liant bitumineux qui, ensemble, remplissent des fonctions différentes, selon le genre du revêtement.

Agrégats

Les fonctions principales de l'agrégat sont de fournir:

- De la résistance adéquate au concassage et à l'abrasion occasionnés par des charges de roues roulantes, afin de transférer les tensions induites par les pneus à la structure sous-jacente de la chaussée
- Une surface résistante au dérapage afin de minimiser la glissance des véhicules, surtout en temps humide
- Une structure/matrice afin de pourvoir au liant visqueux et imperméable
- De la protection contre la radiation infrarouge nocive.

Les caractéristiques physiques qui ont un impact sur la performance d'agrégat dans un enduit superficiel sont liées à leurs propriétés tant naturelles que traitées comme indiquées dans le Tableau 5.14.

Tableau 5.14 - Exigences d'agrégats de revêtements

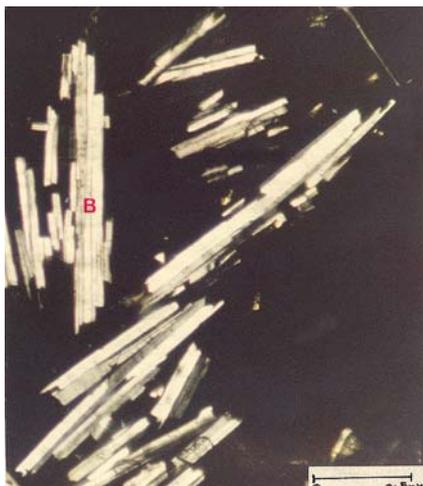
Propriété	Exigences/Implications sur la performance
Résistance	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin de résistance adéquate afin d'éviter le concassage et la perte résultante de gravillons, ainsi que de ressuage • Affectée par la forme de grains, des matériaux cubiques étant plus résistants que des matériaux allongés ou lanellés • Des limites de spécifications sont établies en termes de: <ul style="list-style-type: none"> - Valeur de Concassage de l'Agrégat (VCA) - Valeur de Concassage de l'Agrégat à 10% de Fines (10% VCAF) - Valeur d'Impact de l'Agrégat (VIA) - Abrasion Los Angeles (ALA) - Essai Texas de Broyeur à Billes mouillées (TBB) - Indice d'Ecaillage (IE) • Le plus important le pourcentage de grains faibles/mous, d'autant plus élevées seront les valeurs de la VCA, la VIA, l'ALA ou du TBB, et la plus faible le 10% VCAF.
Durabilité	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin de résistance adéquate à la désintégration afin d'éviter le concassage, la perte de l'agrégat et le ressuage; • Lié à la dégradation des matériaux et à l'altération des minéraux primaires dans la roche à des minéraux secondaires (par ex. des oxydes de fer, des carbonates, des minéraux argileux) • Des limites de spécification sont établies en termes de: <ul style="list-style-type: none"> - rapports secs/mouillés de 10% VCAF/VCA/VIA - rapports secs/mouillés de 10% VCAF/VCA/VIA après 24 heures ou 4 journées de trempage en glycol éthylénique - essai de l'Indice de Durabilité à Moule (IDM) - essai de solidité en sulfate de magnésium/soude - valeur de méthylène bleu (VMB)
Adhésion	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin de bonne adhérence au liant et la non-susceptibilité à l'arrachement du granulat afin d'empêcher la perte/effilochage de granulats • Des agrégats avec des minéraux acidiques (par ex. le quartzite, le granite) ou des agrégats à grains fins avec des surfaces lisses (par ex. les silcrètes ou les graviers de rivière) tendent à exhiber des propriétés médiocres d'adhésion • Des problèmes d'adhésion peuvent être surmontés par l'utilisation d'émulsions cationiques de bitume et/ou d'agents de désenrobage et/ou par le pré-enrobage de l'agrégat • Des limites de spécification établies en termes de: <ul style="list-style-type: none"> - L'essai Riedel et Weber - L'essai statique d'immersion (Essai Vialit modifié d'adhésion) - Les teneurs en fines et en poussière.



Les caractéristiques opérationnelles de l'enduit Otta permettent l'utilisation de gravier naturel brut qui peut être criblé - s'il se trouve nécessaire - afin d'enlever les fines et le matériau trop grand.



Du gravier criblé utilisé comme agrégat de revêtement dans un enduit Otta.



Photomicrographie de microphénocristes plagioclases inaltérés de basalte frais.



Des gravillons cubiques sont essentiels afin de réaliser une bonne imbrication des grains dans des enduits à gravillons.

Absorption de l'eau et du liant	<ul style="list-style-type: none"> ● Besoin d'absorption minimum pour éviter l'absorption élevée du liant et la perte de granulats si celles-ci ne sont pas prévues dans la conception ● Lié à l'entrée d'eau et la diminution conséquente de la résistance et de la durabilité de l'agrégat et à la susceptibilité accrue de l'arrachement des granulats ● Besoin de pourvoir à l'absorption du liant lorsqu'on utilise des granulats absorbants (par ex. le calcrète) en augmentant les taux de répandage des liants et/ou par le pré-enrobage ● Les limites des spécifications sont établies en termes de l'absorption de l'eau.
Polissage	<ul style="list-style-type: none"> ● Besoin d'une bonne résistance au polissage afin de réduire la possibilité d'accidents routiers résultant du dérapage, surtout en temps pluvieux, ● lié à la micro-texture de l'agrégat, qui est une fonction de sa minéralogie. Certains agrégats (par ex. le calcaire) sont plus susceptibles au polissage que d'autres (par ex. la dolérite) ● Les limites des spécifications sont établies en termes du Coefficient de Polissage (CP)
Composition minéralogique	<ul style="list-style-type: none"> ● Besoin d'agrégats durables "frais", comme manifesté par l'absence/quantité faible de minéraux secondaires pour éviter la perte/dégradation des granulats ● La plupart des minéraux secondaires sont nuisibles à la durabilité des agrégats, et la teneur en minéraux secondaires est liée directement à des propriétés telles que l'absorption d'eau et indirectement à la résistance (par ex. 10% FACT) ● Des limites des spécifications sont établies en termes de la teneur en minéraux secondaires
Matière organique	<ul style="list-style-type: none"> ● Besoin de l'agrégat d'être exempt de contaminants afin d'éviter la mauvaise adhésion au liant et la perte de granulats ● Lié à la quantité de matériau passant 75 microns, qui ordinairement a une absorption élevée de liant ● De matière organique n'est pas permise dans les roches.
Granulométrie	<ul style="list-style-type: none"> ● Besoin de contrôle de la gradation et de la teneur en farines de pierre pour les buts de conception rationnelle, aussi bien que pour éviter des problèmes d'adhésion du liant provoqués par des granulats poudreux ● L'utilisation des granulats à dimension unique dans certains enduits (par ex. les enduits à gravillons) permet plus de latitude avec le taux de répandage du liant avant que les vides soient remplis et le dessuage devienne un problème ● Des limites des spécifications sont établies pour la granulométrie.
Forme des grains	<ul style="list-style-type: none"> ● Pour certains enduits (par ex. des enduits à gravillons) les granulats doivent être les plus cubiques possibles afin de réaliser une bonne imbrication des particules ● La forme des grains dépend fortement du genre de concasseur (par ex. des concasseurs à cône tendent à produire des grains avec une forme supérieure à celle de granulats produit par des concasseurs à impact) ● Certains matériaux sont prédisposés à produire des granulats lamellés (par ex. le silcrète, le basalte) ● Des limites des spécifications sont établies en termes de l'Indice d'Ecaillage.

Liants

Les fonctions d'un liant bitumineux sont de cimenter les granulats ensemble et de les lier à la surface sous-jacente, ainsi que de fournir un scellement étanche. La rhéologie du liant le permet de déformer et alléger les tensions dans le revêtement provoquées par les déflexions dans la chaussée. Le liant devrait être en mesure de se conformer aux déflexions aux conditions les plus froides anticipées, sinon la fissuration se produira. Une fois que les fissures se sont produites, l'entrée de l'eau résultera ordinairement en la dégradation rapide du revêtement, surtout là où des matériaux susceptibles à l'eau sont utilisés dans la construction de la chaussée.

La durabilité du liant bitumineux est un facteur-clé dans la performance d'enduits superficiels. Etant un matériau thermoplastique, le bitume devient plus raide en fonction de la baisse de température et s'amollit en fonction de l'élévation de température. Avec du temps, le liant dans l'enduit durcit jusqu'au point où il ne peut plus résister aux mouvements provoqués par les changements diurnaux de température où les flexions sous les véhicules lourds et la fissuration se produit, ou jusqu'à la défaillance de la liaison entre les granulats de l'enduit et le liant suivi par l'enlèvement des granulats par le trafic. La durée de vie d'un tel enduit donc dépend profondément du taux de durcissement du liant et dépend des facteurs suivants:

- Régime climatique (radiation du soleil, températures maximums et minimums)
- Epaisseur de l'assise du liant
- Résistance intrinsèque du liant au durcissement provoqué par l'oxydation thermique. On peut la mesurer par le moyen de l'Essai de Durabilité de l'ARRB ou l'Essai de Pellicule Mince Roulante au Four. (EPMRF).

Dans des régions où les températures basses sont connues, un liant peut se durcir pendant des périodes froides au point qu'il provoque la détresse du revêtement. De l'autre part, si un revêtement semblable se trouve dans une région avec un climat tempéré, la détresse ne se manifesterait pas avant que le liant ait vieilli. Ainsi, le niveau de durcissement auquel les enduits manifestent des indications de détresse (comme indiqué par la viscosité mesurée à une température de 45°C) se variera en fonction du climat.

Le rapport entre le durcissement du liant et la durée de vie d'un enduit pour un bitume d'une durabilité donnée dans un environnement très semblable à maints égards à celui de la région de la CDAA (L'Australie) est montré dans le Tableau 5.21. Ce rapport indique l'effet important de la température sur le vieillissement/durcissement de bitumes. Une différence de 5°C des moyennes annuelles des températures aériennes maximums et minimums aboutit à la réduction de la moitié de la durée de vie d'un enduit. Puisque la vitesse de vieillissement/durcissement dépend de la durabilité d'un liant, tout effort devrait être fait d'utiliser des bitumes avec les niveaux plus élevés de durabilité.

L'essai de durabilité de l'ARRB a été utilisé en Australie depuis le milieu des années 1970 pour mesurer la durabilité du bitume. La plupart des Administrations Routières d'Etat en Australie exige une durabilité minimum de leurs bitumes. Cet essai ou l'Essai de Pellicule Mince Roulante à Four certainement mérite d'être employé plus largement dans la région de la CDAA afin d'engendrer une appréciation plus vive de la qualité des bitumes utilisés et de l'effet de la durabilité du bitume sur la durée de vie d'un enduit.

Les enduits du Cap et les enduits Otta (à gravillonnage simple ou double) avec un enduit à sable au-dessus, sont ordinairement moins susceptibles au vieillissement et à la fissuration superficielle que les enduits traditionnels à gravillons, comme indiqué par les données empiriques dans le Tableau 5.13. La surface fermée fournie par de granulat à granulométrie continue dans les enduits Otta, en association avec l'enduit à sable ou le coulis riche (de l'enduit du Cap), présente un niveau de protection plus élevé au liant dans les assises sous-jacentes que celui fourni par le deuxième enduit des enduits à gravillons plus ouverts.

L'essai de Durabilité-ARRB⁴³

L'essai de Durabilité ARRB mesure la résistance intrinsèque d'un bitume au durcissement provoqué par l'oxydation thermique. Dans cet essai une assise de bitume à une épaisseur de 20 microns est déposée sur les parois intérieures de bouteilles en verre qui sont exposées à une température de 100°C dans des fours spéciaux. Les bouteilles sont enlevées du four de temps en temps, le bitume est recouvert et sa viscosité est déterminée à une température de 45°C. La durabilité du bitume est représentée par le temps (en jours) requis pour qu'il atteigne une viscosité apparente de 5,7 log Pa.s (viscosité de détresse).

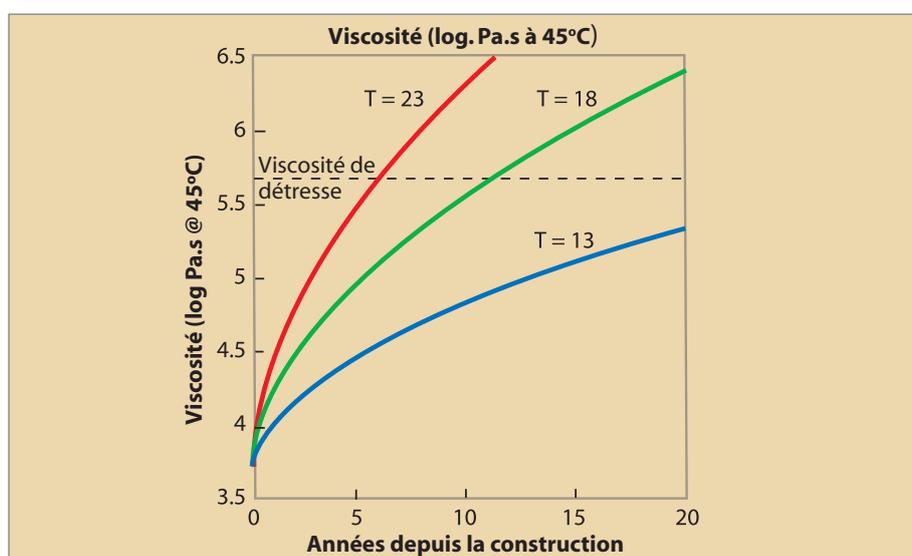


Figure 5.21 - Graphique de durcissement de bitume d'un bitume d'une durabilité donnée⁴⁴

Le modèle illustré dans la Figure 5.21 prend la forme suivante:

$$\text{Log } \eta = 0,476TY^{0,5} - 0,0227DY^{0,5} + 3,59 \quad (\text{Corrélation de Coefficient de Pearson} = 0,93) \\ (\text{Erreur normalisée de l'estimation de} \\ \text{log } \eta = 0,19)$$

- Où
- η = La viscosité du bitume recouvert de l'enduit répandu (Pa.s à 45°C)
 - T = Température moyenne du site calculée à partir de l'équation
 - D = Résultat de l'Essai de Durabilité ARRB (jours)
 - Y = Nombre d'ans depuis la construction de l'enduit
 - T = $(T_{\max} + T_{\min})/2$
(T_{\max} = moyenne annuelle de la température journalière maximum (°C))
(T_{\min} = moyenne annuelle de la température journalière minimum (°C))

Des liants en usage courant: Les genres suivants de liants bitumineux sont en usage courant dans la région:

Aspects de santé liés à l'utilisation de goudron écumeux⁴⁵

Le goudron est souvent perçu comme un cancérigène sous toutes ses formes, sans qu'on prenne en considération la manière dont on produit les composants du goudron.

Les deux méthodes principales de production de goudron sont la pyrolyse de l'houille, à partir de laquelle le goudron du four à coke est produit, et le processus Lurgi, qui résulte en le goudron d'usine à gaz.

Les composants du goudron qui sont considérés comme cancérigènes ne sont libérés à l'atmosphère qu'à des températures en excès de 360° C. A cette température-là, les cancérigènes nocifs sont répandus dans le goudron d'usine à coke, mais sont pratiquement négligeables dans le goudron de four à gaz. Ainsi, le goudron écumeux, appliqué à froid est un matériau sûr et viable de construction dont on peut se servir pour la stabilisation de matériaux routiers de qualité inférieure.

- **Bitume de pénétration:** Des bitumes de pénétration 80/100 ou 150/200 sont ordinairement utilisés dans la plupart d'enduits superficiels, à l'exception de l'enduit Otta pour lequel des bitumes plus mous sont requis, généralement en forme de bitume fluidifié.
- Comme guide général, la viscosité des bitumes de pénétration est choisie en prenant en compte les températures dominantes pendant la construction et la stabilité sous le trafic. L'utilisation des bitumes plus durs (à haute viscosité) est plus difficile, mais ces bitumes peuvent être nécessaires pour pourvoir aux forts volumes de circulation à des températures ambiantes élevées.
- **Bitumes fluidifiés:** Les bitumes fluidifiés le plus généralement utilisés sont MC3000 et MC800, principalement dans des climats plus froids, où un liant à viscosité relativement basse est requis pour enrober des granulats à grains fins (par ex. dans un enduit Otta) ou des granulats humides ou pour améliorer l'adhésion entre des granulats et le liant. MC30 et MC70 sont utilisés comme liants d'imprégnation.
- Les bitumes fluidifiés sont produits en diluant un bitume de pénétration avec un diluant approprié afin d'atteindre les caractéristiques requises. Après la construction les diluants s'évaporent avec le temps et le liant rentre à son grade original de pénétration.
- **Emulsions bitumineuses:** Des émulsions bitumineuses, tant anioniques que cationiques, à des teneurs élevées en bitume (> 60%) sont utilisées dans la plupart d'enduits superficiels et en une forme diluée pour le rajeunissement d'enduits superficiels ou dans des situations où il n'est pas possible d'utiliser de fortes concentrations de diluant.
- **Goudron:** Ce produit est bien connu pour ses bonnes propriétés d'adhésion et d'enrobage et pour sa bonne résistance au désenrobage des granulats par l'eau. Toutefois, il y a plusieurs liants goudronneux (de four à coke plutôt que ceux de gazéification) qui ne sont plus en usage courant à cause de leurs désavantages environnementaux potentiels. Le goudron 3/12 EVT de basse viscosité est utilisé comme liant d'imprégnation.
- **Bitumes modifiés:** Des bitumes modifiés par l'adjonction de caoutchouc ou d'autres composants généralement exhibent des caractéristiques améliorées de durabilité et sont ordinairement utilisés dans des circonstances spéciales, telles que dans des environnements climatiques très sévères (températures extrêmes).

Des recommandations sur l'utilisation des liants mentionnés ci-dessus et sur les aspects liés de la sécurité sont abordés dans de différents manuels de SABITA.

Spécifications

Les spécifications des agrégats de revêtement diffèrent de pays en pays dans la région, en ce qui concerne le genre de spécifications et les limites utilisées provenant des méthodes d'essai semblables. Les limites des spécifications applicables aux différents essais sur les agrégats d'une sélection représentative de pays dans et au dehors de la CDAA sont données dans le Tableau 5.15. Certains pays ont des limites plus exigeantes que d'autres, tandis que certains autres pays qualifient leurs spécifications selon la circulation et d'autres ne le font pas.

Tableau 5.15 - Quelques spécifications des agrégats de revêtement

Propriété d'Essai	Botswana	Afrique du Sud	Zimbabwe (Trafic)	Australie (Trafic)
	-	-	(< 2x10 ⁶ ESE)	(TJAM < 300)
10% FACT (kN)				
- Sec	> 210	> 210	> 120	> 135
- Rapport mouillé/sec	> 0,75	> 0,75	> 0,65	> 0,60
ALA (Max) (%)	-	-	35 25	-
Indice d'Ecaillage (Max) (IE) (%)	30	30	30	35
Valeur TBM	-	-	-	< 30
Teneur en Agrégat Suspecte (%)	-	-	-	8
Adhésion (R & W)*	< 1	-	-	< 2
Solidité maximum de sulfate de soude ou de magnésium (%)	-	-	20	12

* Les échelles utilisées pour décrire le degré de d'arrachement diffèrent de pays en pays.

Adaptation d'agrégat à sa fonction



Un exemple d'un agrégat de revêtement de dix ans en agrégat corallien concassé, qui ne remplit pas les critères traditionnels de résistance et durabilité mais qui, néanmoins, a été très performant dans une RRFVC.

Cadre 5.10 - Les spécifications actuelles d'agrégat – est-ce qu'elles sont assez convenables?

La plupart des spécifications nationales d'agrégats sont des spécifications de portée générale qui traitent des matériaux pour toute catégorie de route. Ils ont plusieurs désavantages, y compris:

- Elles sont rarement liées à la circulation et souvent empêchent l'utilisation d'agrégats non-conventionnels. Par exemple, un matériau qui puisse être marginal en termes de sa résistance peut échouer lorsqu'il supporte de forts volumes de circulation sur une grande route à des pourcentages élevés de véhicules lourds, mais qui peut être très satisfaisant sur une route rurale à faibles volumes de circulation.
- Elles ne prennent pas en compte les mécanismes différents de la performance des genres différents d'enduits. Par exemple, un granulat résistant à forme cubique peut être critique à la performance satisfaisante d'un enduit à gravillons, mais il est beaucoup moins important dans le cas d'un enduit Otta.
- La base de dérivation de certaines spécifications, par ex. la valeur minimum de 210 kN pour l'Essai 10% FACT, comme utilisée dans plusieurs pays, semble être liée à l'emploi traditionnel de rouleaux lisses de compactage à cylindres en acier pour réaliser l'enclassement des gravillons et au besoin concomitant de granulats à forte résistance contre le concassage. Toutefois l'usage courant de rouleaux de compactage à pneus à cette fin n'exige pas une résistance si élevée contre le concassage, mais néanmoins les limites restent inchangées.

Les exemples ci-dessus indiquent qu'en beaucoup de cas les spécifications traditionnelles d'agrégat ne sont pas appropriées pour des RRFVC et qu'il y a beaucoup de possibilités pour qu'on les assouplisse, basées sur l'expérience et les résultats des recherches. En fin de compte, le défi est d'adapter les matériaux disponibles à des genres d'enduit et de conception appropriés, plutôt que vice versa.

Révisions Proposées des Spécifications

Des révisions des spécifications des enduits à gravillons en usage courant sont proposées et données dans le Tableau 5.16. Elles sont basées sur une revue de spécifications internationales, surtout celles de l'Australie et de la Nouvelle Zélande, aussi bien que sur les résultats d'expériences et l'expérience de la performance des agrégats de revêtement dans la région de la CDAA. Les spécifications de l'enduit Otta sont incluses aux fins de comparaison.

Tableau 5.16 - Révisions proposées pour les spécifications des enduits à gravillons pour des RRFVC

Propriété	Limites de Référence		
	Enduits à gravillons		Enduits Otta ¹
	Actuelles	Proposées	
Résistance 10% FACT (kN)	≥ 210	≥ 180 (>500 vpi) ≥ 150 (100-500 vpi) ≥ 120 (<100 vpi)	≥ 110 (> 100 vpi) ≥ 90 (<100 vpi)
Granulométrie	Comme spécifiée ordinairement	Comme spécifiée ordinairement	Granularité étalée
Durabilité 10% FACT (Mouillé/sec)	≥ 75%	≥ 65%	≥ 75% (> 100 vpi) ≥ 65% (< 100 vpi)
Indice d'Ecaillage (%) 19.0 – 13.2 mm 9.5 – 6.7 mm	≤ 25 ≤ 30	≤ 35 ≤ 35	≤ 35 (si du matériau concassé est utilisé) (pondéré sur les fractions de 4.75 mm à 13.2 mm)
Adhésion	R & W ≥ 3	Pas d'assouplissement. Pré-enrobage requis si la valeur R & W < 3	
Absorption de l'eau	-	≤ 5	Modification du taux de répandage
Coefficient de Polissage	-	≤ 50 (> 500 vpi) ≤ 45 (< 500 vpi)	

1 - Les spécifications de l'enduit Otta devraient remplir les critères contenus dans le Botswana Roads Department Guideline No 1. (*Directive du Service de Routes de Botswana No 1.*)

5.5.6 Sélection de genre de revêtement

Les facteurs affectant le choix

Le choix du genre approprié de revêtement dans une situation donnée dépendra de la pertinence d'un nombre de facteurs, y compris les suivants:

- Le trafic (les volumes et les genres)
- La chaussée (genre, caractéristiques de résistance et de flexibilité)
- Les matériaux (genre et qualité)
- L'environnement (climat – température, pluviosité etc.)
- Les caractéristiques opérationnelles (géométrie – gradients, courbure etc.)
- La sécurité (résistance au dérapage, texture superficielle etc.)
- La construction (les techniques et l'expérience de l'entrepreneur)
- L'entretien (capacité et fiabilité)
- Des facteurs économiques et financiers (financement disponible, coûts de la durée de vie etc.)
- Autres (facteurs externes).

Volumes et genre du trafic: Presque tout enduit sera convenable pour des cas de faibles volumes de circulation, c à d, moins de 750 véhicules légers équivalents (vle)/par voie par jour. Cependant, à des très faibles volumes de circulation (<250 vle/voie/jour), le manque de malaxage du liant provoqué par le trafic résultera en la dégradation relativement accélérée de l'enduit, principalement à cause de l'assèchement et l'oxydation du liant, aboutissant à des fissures de retraite. Dans une telle situation, le rajeunissement anticipé de l'enduit peut être nécessaire afin de retenir les granulats sous le trafic.

Les volumes de circulation aux fins de la sélection de revêtements et de conception sont souvent exprimés comme "le taux de véhicules légers équivalents (vle)" par jour. Ils sont égaux au nombre de véhicules légers ajouté à 40 fois le nombre de véhicules lourds.



Le freinage sévère et des virages aigus nécessitent un choix approprié de revêtements de forte stabilité. Le béton bitumineux et, éventuellement les enduits du Cap ou des enduits doubles Otta seraient préférables à des enduits à sable, à coulis, aux gravillons ou à des enduits Otta simples.

L'emploi d'enduits à sable et d'enduits à coulis généralement n'est pas conseillé pour des routes à volumes de circulation excédant environ 2000 vle/voie/jour, puisque ces enduits tendent à ressuer assez vite et, enfin, à désintégrer. A volumes de circulation de plus de 5000 vle/voie/jour, l'emploi d'une combinaison d'un enduit en gravillons simple et d'un enduit à sable est aussi chanceux.

Là où il y a des pourcentages élevés de véhicules lourds (surtout ceux à essieux en tandem ou à essieux triples) et/ou les actions sévères de trafic sont probables (par ex. le freinage sévère et virages aigus) on devrait éviter l'utilisation d'enduits superficiels à sable, à coulis ou à gravillons de gravillonnage simple et, dans telles situations, un béton bitumineux, un enduit superficiel à gravillons de gravillonnage double, un enduit du Cap ou un enduit Otta est préférable.

Genre de Chaussée: Une évaluation de la performance de différents genres d'enduit construits sur des structures légères de chaussée en Afrique Australe a montré que la durée de vie d'un enduit était très dépendante de la raideur de la chaussée⁴⁶. La plus rigide la chaussée, d'autant plus longue était la durée de vie de la chaussée avant le commencement de la fissuration. Des mesures de déflexion ou du "rayon de courbure" fournissent une indication des effets probables sur la durée de vie d'un enduit (Voir le Figure 5.22). Puisque la déflexion superficielle est directement liée à la module d'élasticité des assises sous-jacentes de la chaussée qui, à son tour, dépend de la densité in situ, **dans la mesure du possible tout effort devrait être fait pour compacter les assises des RRFVC jusqu'à la densité la plus praticable possible, c à d, "compacter au refus"** (Voir la Section 6.4.1).

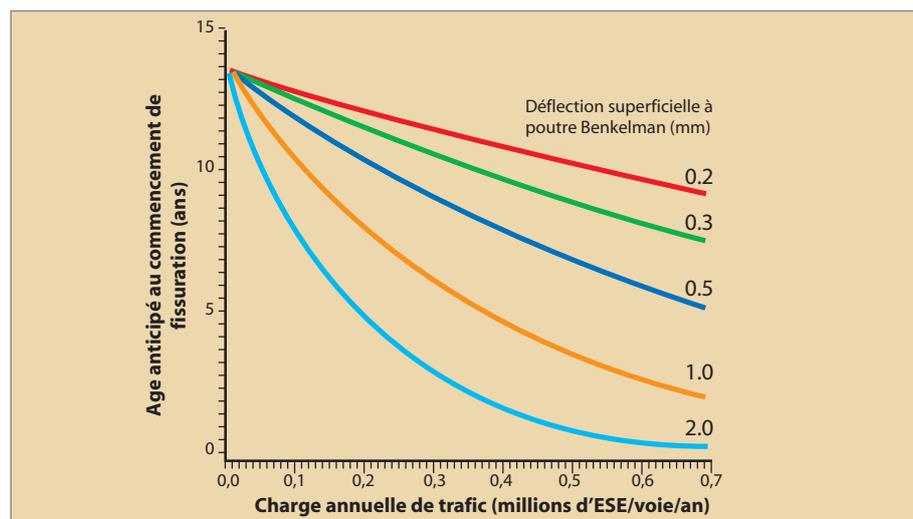


Figure 5.22 - L'effet de déflexions superficielles sur la durée de vie d'un enduit⁴⁶

Dans le cas de RRFVC où les sous-couches peu résistantes se produisent (par ex. dans des régions à argiles molles ou expansives) ou où les variations saisonnières sont élevées (aboutissant à des déflexions relativement importantes pendant la saison de pluie), les genres d'enduit qui sont moins susceptibles à des déflexions relativement importantes devraient être sélectionnés. Par exemple, les enduits Otta ou les enduits à gravillons en association avec des liants modifiés appropriés sont plus tolérants de déflexions importantes que d'autres genres (par ex. les enduits à coulis, les enduits du Cap).

Une surface régulière, sans défauts, de l'assise sous-jacente est aussi essentielle si on veut éviter de détresse locale dans l'enduit. Par exemple, des couches de base peu résistantes aboutiront à l'enfoncement des granulats de surface, résultant en la perte de résistance au dérapage et au ressuaage éventuel. On peut atténuer ce problème en utilisant un liant d'imprégnation de basse viscosité qui pénètre et renforcera l'assise supérieure de la couche de base et, par conséquent, réduira l'enfoncement de l'agrégat. Par contraste, des couches de base très résistantes pourraient résulter en la dégradation des agrégats mous de revêtement pendant le compactage. Afin d'alléger la sévérité de ce problème, on devrait se servir des rouleaux pneumatiques, plutôt que des rouleaux lisses.



Ressuaage résultant de l'enfoncement des granulats du revêtement dans la couche de base.

Matériaux: Le genre d'agrégat disponible pour l'utilisation dans un enduit superficiel a un impact important sur la sélection du genre d'enduit. Si les agrégats conventionnels sont disponibles dans une distance économique de camionnage, ils se prêtent à leur utilisation dans les enduits traditionnels (par ex. des enduits à coulis, des enduits à gravillons, des enduits du Cap). Inversement, si tels agrégats ne sont pas disponibles, l'utilisation des agrégats plus marginaux en termes de leur résistance ou forme, par exemple, est tout à fait possible dans des enduits à agrégat gradé, tels que les enduits Otta. Le Tableau 5.17 indique les genres d'enduit qui sont les mieux adaptés à de différents agrégats à propriétés marginales.

Tableau 5.17 - Sélection d'un enduit basée sur ses propriétés marginales

Propriété Marginale	Enduit recommandé	Enduits non-appropriés
Granulométrie	Otta, à sable	A coulis, aux gravillons, du Cap
Résistance	Otta, à sable, à coulis	Aux gravillons, du Cap
Durabilité	Otta, à sable, à coulis, du Cap	Aux gravillons, à coulis
Forme	Otta, à sable, à coulis	Aux gravillons, du Cap
Teneur en poussière	Otta, à sable	Aux gravillons, à coulis
Absorption de l'eau	Otta, à sable	Aux gravillons, à coulis



Perte de la deuxième assise d'un enduit à cause du durcissement et friabilité du bitume.

Environnement: Les conditions environnementales en termes de l'exposition de l'enduit à la radiation (ultraviolette) solaire, surtout dans des conditions de températures élevées, jouent un rôle critique dans la performance de tout genre d'enduit. Les enduits plus minces et plus ouverts, tels que les enduits à sable, à coulis et les enduits à gravillons de gravillonnage simple, sont particulièrement susceptibles à la dégradation prématurée à cause de l'oxydation et de la friabilité résultante du liant et du relâchement des granulats. Par contraste, des enduits Otta (simple plus un enduit à sable, ou double) et des enduits du Cap sont spécialement adaptés à des conditions de température élevée, à cause de la texture ferme produite par l'imbrication des granulats et de l'enduit à sable ou à coulis qui protège le liant sous-jacent contre la radiation solaire.

Caractéristiques d'exploitation: La géométrie de l'alignement de la route en termes de gradient et courbure peut avoir un impact défavorable sur la performance d'un enduit. Les enduits sur des pentes raides ou dans des virages brusques sont sujettis à des contraintes importantes horizontales provoquées par les pneus, pour lesquels des enduits avec une résistance adéquate au cisaillement sont requis. Dans ces circonstances, l'utilisation de béton asphaltique peut être appropriée et, dans une certaine mesure, les enduits à double gravillonnage, des enduits Otta ou du Cap seraient plus préférables que les enduits à sable, à coulis ou à gravillonnage simple.

Sécurité: Dans des régions telles que les intersections, des virages brusques et gradients raides, une texture superficielle peut être exigée pour des raisons de sécurité, surtout dans des situations de pluie considérable. Dans ces situations, certains enduits, tels que les enduits à gravillons ou des enduits Otta à grains grossiers, seraient préférables à des enduits à sable ou à coulis, à cause des meilleures propriétés de résistance au dérapage de ceux-là.

Construction: Les techniques de construction employées ordinairement ont une influence sur la sélection du genre d'enduit. Le matériel disponible, l'emploi de méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre ou de menus entrepreneurs aboutiront à la sélection des genres d'enduit adaptés à ces conditions. De façon similaire, l'expérience de l'entrepreneur avec des genres spécifiques d'enduit peut influencer sur la qualité de certains enduits (par ex. des enduits à gravillons) beaucoup plus fortement que sur des enduits à sable ou des enduits Otta.



L'enduit à coulis se prête à la construction par des méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre.

Entretien: Là où la capacité d'entretien est importante, le relâchement de granulats, les nids de poule et la fissuration peuvent être réparés rapidement et efficacement par le moyen d'enduits à sable, à coulis ou des enduits Otta. Cependant, s'il est probable qu'il y aura un intervalle entre le développement de défauts et l'entretien, l'utilisation d'enduits plus épais/plus résistants, tels que les enduits doubles Otta, les enduits à double gravillonnage, d'enduits du Cap ou même du béton asphaltique, est conseillée.

Conditions spéciales: Là où des conditions problématiques se produisent, il faut les prendre en compte lorsqu'on choisit le genre d'enduit. Par exemple, s'il y a une couche très saline ou s'il s'agit de matériaux salins de construction, un enduit très imperméable est requis, tel qu'un enduit à double gravillonnage riche en bitume ou un enduit du Cap.

Coûts: Le coût de construction d'enduits bitumineux peut représenter une proportion importante des coûts globaux d'une chaussée, surtout dans des régions éloignées, où il n'y a que de faibles volumes de circulation, et le camionnage des agrégats sur de longues distances peut être nécessaire.

En termes très généraux, pour un projet RRFVC typique sans circonstances extraordinaires en termes de camionnage excessif ou des régions très éloignées, en association avec des soumissions de concurrence, les coûts des liants d'imprégnation des agrégats, des liants et de construction constituent entre 10 et 20 pour cent du coût global de la construction routière. Les coûts relatifs des enduits de scellement par comparaison avec ceux d'un enduit de scellement à double gravillonnage (1,0) sont donnés dans le Tableau 5.18.

Tableau 5.18 - Coûts relatifs de construction de revêtements des RRFVC

Genre d'enduit	Coût relatif	
	Avec couche d'imprégnation	Sans couche d'imprégnation
Enduit à sable	0,56	Non-approprié
Coulis	0,85	Non-approprié
Enduit à gravillonnage simple	0,56	0,58
Enduit à sable double	0,90	0,70
Enduit à gravillonnage double	1,00	Non-approprié
Enduit Otta simple plus enduit à sable	1,00	0,75
Enduit du Cap (13 mm + coulis simple)	1,20	0,60
Enduit du Cap (19 mm + coulis double)	1,60	0,90
Enduit Otta double	1,00	0,90

La sélection finale du genre de revêtement dépendrait du résultat d'une analyse des coûts de durée de vie, qui comprend les coûts unitaires actualisés des éléments suivants pendant la durée de vie des enduits considérés:

- Construction
- Entretien
- Coûts d'usager des routes
- Régénération de la chaussée
- Réscellements
- Répeinture du marquage routier
- Nettoyage/réparations des réflecteurs.

Convenance de leur utilisation pour les RRFVC.

La convenance de différents genres de revêtements pour des RRFVC, en termes de leur efficacité par rapport aux facteurs d'exploitation exposés ci-dessus, est résumée dans le Tableau 5.19.

Tableau 5.19 - Convenance de différents revêtements pour utilisation sur des RRFVC

(Légende: SS = Enduit à sable, SIS = Coulis; SCS = Enduit à gravillonnage simple; DCS = Enduit à gravillonnage double; CS = Enduit du Cap; SOS + SS = Enduit Otta + Enduit à sable; DOS = Enduit Otta double; AC = Béton asphaltique)

Paramètre	Degré	Genre de Revêtement							
		SS	SIS	SCS	DCS	CS	SOS+ SS	DOS	AC
Durée de vie exigée	Courte								
	Moyenne								
	Longue								
Niveau de circulation	Léger								
	Moyen								
	Lourd								
Impact des actions de tourner du trafic	Faible								
	Moyen								
	Elevé								
Gradient	Doux								
	Modéré								
	Raide								
Qualité de matériau	Médiocre								
	Modérée								
	Bonne								
Qualité de la chaussée et de la couche de base	Médiocre								
	Modérée								
	Bonne								
Convenance des méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre									
Expérience/capacité de l'entrepreneur	Faible								
	Modérée								
	Haute								
Capacité pour l'entretien	Faible								
	Modérée								
	Haute								

Légende

	Convenant/préféré		Moins convenant/Non-préféré		Non-convenant/Non-approprié
--	-------------------	--	-----------------------------	--	-----------------------------

Bien qu'ils ne soient pas exhaustifs, les facteurs donnés dans le Tableau 5.19 fournit un format de bas qu'on peut adapter ou développer afin de les faire appropriés à des conditions locales et de les employer ultérieurement pour faciliter le choix des possibilités de revêtement. Ces possibilités peuvent alors être sujettes à une analyse des coûts de durée de vie et on peut décider après avoir pris en compte les facteurs économiques dominants et la situation financière globale.



Un exemple d'un enduit Otta simple avec un enduit de scellement à sable dont la performance est encore très satisfaisante après plus de 13 années de service dans un environnement sévère, sans aucun entretien du revêtement.

Cadre 5.11 - Les avantages et désavantages de l'enduit Otta

Bien que le choix du genre de revêtement dépend des conditions particulières d'un projet donné et, en fin de compte, d'une analyse des coûts de la durée de vie, l'enduit Otta mérite une mention spéciale. On a trouvé que ce genre relativement récent d'enduit offre des avantages importants dans des cas où les facteurs suivants jouent un rôle important:

- construction routière dans des régions éloignées où, par exemple, il n'y a que de graviers naturels et où les coûts de l'établissement d'installations de concassage seraient prohibitifs
- il se peut que la capacité de l'entrepreneur soit faible et la qualité de son travail puisse être médiocre
- la souplesse et la durabilité du revêtement sont requis afin de pourvoir à des couches de base de qualité relativement inférieure et de portance faible à des déflexions relativement élevées
- capacité faible de l'entretien
- un niveau élevé de radiation solaire, résultant en une croissance de vitesse de dégradation du liant.

Les désavantages émanant de l'utilisation de l'enduit Otta comprennent:

- le besoin d'inclure des conditions concernant l'entretien d'après construction dans le contrat
- le mélange de bitume chaud et des agents fluidifiants sur chantier.

5.5.7 Dimensionnement de revêtements

La complexité de la conception de revêtements dépend beaucoup du genre de l'enduit de scellement choisi. Certains genres d'enduits de scellements, tels que les enduits à gravillons et l'enduit du Cap, nécessitent un processus de conception rationnelle qui est assez complexe et qui implique la sélection d'une grandeur appropriée des agrégats et le calcul des taux de répandage des agrégats et des bitumes, dans lequel des facteurs tels que l'imbrication des granulates dans la couche de base ou dans la surface existante sont pris en compte, aussi bien que le gradient, le climat, la vitesse de la circulation etc. Les manuels de conception contiennent des formules et des figures qui facilitent la détermination de ces facteurs.

Par contraste aux enduits à gravillons et les enduits du Cap, les enduits de scellement Otta, à sable et à coulis sont conçus sur la base d'indications générales et sont construits "à sensibilité" et nécessitent la capacité du personnel de modifier ou corriger les taux de répandage d'agrégat et de bitume à mesure que le projet se poursuit ou que la qualité du matériau varie.

Les aspects généraux de la conception d'enduits de scellement discutés ci-dessus - à l'exception de l'enduit Otta - ont évolué de la pratique étendue de l'Afrique du Sud et du Royaume Uni, contenue dans les documents suivants:

- Draft TRH3 (1996)⁴⁷ (TRH 3 provisoire, 1996)⁴⁷
- TRL - Overseas Road Note 3 (2000)⁴⁸ (TRL-Memorandum routier d'Outre-mer, 2000)⁴⁸
- SABITA Manual 10 (1992)⁴⁹ (Manuel 10 de SABITA, 1992)⁴⁹.

Jusque dans ces derniers temps, il n'y avait aucune indication ou manuel de conception d'enduits Otta. Toutefois, on a remédié ce défaut en produisant les documents suivants:

- Ministry of Works and Transport, Roads Department, Botswana: Guideline No 1, The Design, Construction and Maintenance of Otta Seals (Ministère de Travaux Publics et des Transports, Administration Routière) Botswana: Guide No 1 - Conception, Construction et Entretien d'Enduits Otta)
- Norwegian Public Roads Administration: Publication No 93 - Guide to the use of Otta Seals (Administration norvégienne de Routes Publiques: Publication No 93 - Une guide à l'emploi d'enduits Otta)
- Ministry of Works, Tanzanie - Pavement and Materials Design Manual - 1999 (Ministère de Travaux Publics de Tanzanie: Manuel de Conception de Chaussées et de Matériaux).



La Guide de l'Enduit Otta contient d'information détaillée concernant la conception, la construction, l'entretien, la spécification et les aspects contractuels d'enduits Otta.

5.6 Résumé

Les points capitaux émanant de ce chapitre sont:

1. Les facteurs principaux touchant la performance des routes à faibles volumes de circulation sont la circulation et l'environnement, ce dernier étant plus important à des faibles volumes de circulation. Le drainage en termes de l'élévation du bombement a une importance spéciale. Ainsi, toute mesure qui résulte en l'amélioration de l'environnement de la chaussée résultera en une amélioration importante de la performance de routes à faibles volumes de circulation.
2. Des études des origines des procédés d'essai et des spécifications des matériaux pour la construction routière souvent font voir qu'ils proviennent d'environnements très différents et sont basés sur des niveaux de circulation différents de ceux qui sont dominants sur des routes à faibles volumes de circulation dans la région de la CDAA. C'est sur la base de ces essais et spécifications que beaucoup de matériaux locaux sont classés comme "inférieurs" ou "marginiaux" qui, néanmoins, accomplissent leur tâche beaucoup mieux qu'on y attendait.
3. Des mesures qui résultent en un environnement amélioré (plus sec), telles que le scellement des accotements et l'augmentation de profondeur des drains latéraux, permettent aussi l'utilisation de matériaux disponibles sur place – qu'on considérerait auparavant inconvenables pour les buts de construction routière – avec plus de confiance.
4. Les matériaux disponibles pour la construction routière dans une grande partie de la région sont moins résistants que ceux de l'Europe ou des Etats –Unis, mais les sols de la sous-couche tendent à être plus résistants. Par conséquent les sous-couches résistantes et l'environnement généralement plus sec facilitent l'utilisation de ces matériaux locaux "inférieurs" dans les couches supérieures des chaussées.
5. Il existe actuellement des conceptions de chaussées qui sont basées sur les résultats de recherches faites dans la région et qui comprennent des facteurs de l'environnement local. Ces conceptions sont destinées à l'utilisation optimum des matériaux disponibles localement, sans un risque inacceptable de défaillance. La connaissance des conditions locales et des conseils offerts par les experts locaux aideront à assurer l'utilisation de conceptions plus appropriées avec confiance.
6. Le revêtement traditionnel de routes à faibles volumes de circulation était un enduit à gravillons, utilisant des granulats à dimension unique pour lesquels une résistance importante est spécifiée. Il y a actuellement d'autres possibilités qui permettent l'utilisation de matériaux locaux disponibles à résistance inférieure dans des conceptions, résultant en des surfaces routières durables.
7. Les prédictions des charges à véhicule et du dommage à la chaussée sont généralement basées sur la Loi de Puissance 4. Dans des environnements secs, les chaussées puissent être plus rigides que d'habitude et il existe d'évidence à suggérer qu'un exposant inférieur puisse être plus approprié, ainsi aboutissant à la réduction de l'impact de véhicules lourds, par comparaison avec celui de véhicules légers.

Ce chapitre a traité des aspects de conception des routes, des matériaux et des revêtements des RRFVC, qui représentent des domaines d'étude dans lesquels on a fait beaucoup de progrès à partir des recherches faites dans la région. L'utilisation judicieuse des conceptions recommandées, en association avec les méthodes appropriées de construction abordées dans le Chapitre 6 résultera en la diminution des coûts de construction des routes revêtues et augmenteront la mise à disposition de l'infrastructure routière rurale.

5.7 Références et Bibliographie

Références

1. AASHO (1962). *The AASHO Road Test: Pavement Research*. HRB Special Report 61E. American Assoc. of State Highway Officials, Washington, D.C., Etats-Unis.
2. Johansen J M and P K Senstad (1992). *Effects of Tire Pressures on Flexible Pavement Structures – A Literature Survey*. Publication No. 62. Norwegian Road Research Laboratory, Oslo, Norvège.
3. Netterberg F. (1985): *Pedocretes*. RR430 NITRR, Pretoria, Afrique du Sud.
4. Brink A A B and A A R Williams (1964): *Soil Engineering Mapping for Roads in South Africa*. CSIR Research Report 227, NIRB Bulletin 6, Pretoria, Afrique du Sud.
5. Weinert H H (1980). *The Natural Road Construction Materials of Southern Africa*. Pretoria: Academica, Afrique du Sud.
6. Netterberg F and P Paige-Green (1988): *Pavement Materials for Low-volume Roads in Southern Africa: A review*. Proceedings ATC Conference, Vol. 2B - Appropriate Materials and Methods. Pretoria, Afrique du Sud.
7. Weinert H H (1974). *A Climatic Index of Weathering and its Application to Road Construction*. Geotechnique, Vol. 24, No.4, pp 475-488. Londres, Royaume Uni.
8. McLennan A K (1986). *Towards a Strategy for the use of Marginal and Naturally Occurring Materials in Pavements*. 24th ARRB Regional Symposium, Bundaberg, Queensland, Australie.
9. Schwartz K (1985). *Collapsible Soils. Problems Soils in South Africa - State of the Art*. The Civil Engineer in South Africa, July 1985, Johannesburg, Afrique du Sud.
10. Jennings J E and K Knight (1975). *A guide to the construction on or with materials exhibiting additional settlement due to “collapse” of grain structure*. Proc. Of the 6th African Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Durban, Afrique du Sud, septembre 1975.
11. Netterberg F (1979). *Salt Damage to Roads: An Interim Guide to its Diagnosis and Repair*. Institution of Municipal Engineers of South Africa, Johannesburg, Afrique du Sud.
12. Obika B, R J Freer-Hewish, M Woodbridge and D Newill (1995). *Prevention of Salt Damage to Thin Bituminous Surfacing: Design Guidelines*. Proc. Sixth Int. Conf. on Low-volume Roads, Minneapolis, Minnesota, Etats-Unis, du 25 au 29 juin 1995.
13. Committee of State Road Authorities (1986). *Cementitious Stabilizers in Road Construction*. Draft TRH13. CSRA, Pretoria, Afrique du Sud.

14. Austroads (1998). *Guide to Stabilisation in Roadworks*. Austroads Publication No. AP-60/98, Sydney, Australie.
15. Overby C (1982). *Material and Pavement Design for Sealed Low-volume Roads in Botswana 1974-81*. NRRL Report 1042. Norwegian Public Roads Administration, Oslo, Norvège.
16. Netterberg F and P Paige-Green (1984). *Carbonation of Lime and Cement Stabilised Layers in Road Construction*. NITRR Report RS/3/84, CSIR, Pretoria, Afrique du Sud.
17. Gourley C S and P A K Greening. (1999). *Performance of Low-volume Sealed Roads: Results and Recommendations from Studies in Southern Africa*. TRL Published Report PR/OSC/167/99. Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
18. Sampson L R and F Netterberg (1984). *A Cone Penetrometer Method for Measuring the Liquid Limits of South African soils*. Proc. 8th African Reg. Conf. on Soil mechanics and Foundation Engineering, Harare, Zimbabwe.
19. Grace H and D G Toll (1987). *Recent Investigations into the Use of Plastic Laterites as Bases for Bituminous-Surfaced Low-volume Roads*. Proc. Fourth Int. Conf. on Low-volume Roads, Ithaca, New York, Etats-Unis.
20. Metcalf J B (1976). *Pavement Materials –The Use of the California Bearing Ratio Test in Controlling Quality*. ARR No. 48, ARRB, Vermont South, Victoria, Australie.
21. Brown S F, S C Loach and M P O'Reilly (1987). *Repeated Loading of Fine Grained Soils*, University of Nottingham, Nottingham, Royaume Uni.
22. Reeves I N (1989). *Modified Texas Triaxial Test for Non-Standard Paving Materials*. Workshop on Pavements in Dry Climates, Materials Branch, Main Roads, Brisbane, Australie.
23. Handy R L and D E Fox (1987). *K-Tests for Subgrade and Base Evaluation*. ATC Proceedings, 3 - 7 August 1987, Pretoria, Afrique du Sud.
24. Semmelink C J (1991). *The Use of the DRTT K-Mould for Determining the Elastic Moduli of Untreated Road-building Materials*. ATC Research Forum, CSIR, Pretoria, Afrique du Sud.
25. Kleyn E G and G D van Zyl (1988). *Application of the DCP to Light Pavement Design*. First Int. Symposium on Penetration Testing, Orlando, Florida, Etats-Unis.
26. Roads Department, Ministry of Works, Transport and Communications, Botswana. 2000: *Methods and Procedures for Prospecting for Road Construction Materials*. Guideline No. 3, Gaborone, Botswana.
27. Transport Research Laboratory (1993). *Overseas Road Note 31. A Guide to the Structural Design of Bitumen-Surfaced Roads in Tropical and sub-Tropical Climates (1993)*: TRL, Crowthorne, Berkshire. Royaume Uni (4^{ième} édition).

28. Van Zyl , N J W and C R Freeme (1984). *Determination of Damage Done to Roads by Heavy Vehicles. Proc.* Annual Transport Convention, Pretoria, Afrique du Sud.
29. Overby C (1990). *Monitoring of Sealed Low-Volume Roads in Botswana 1980 - 1989.* NRRL Report 1478. Norwegian Public Roads Administration, Oslo, Norvège.
30. National Association of Australian State Road Authorities. (1984). *Moisture Movements in Pavements and Subgrades.* NAASRA, Sydney, Australie.
31. Emery S J (1992): *The Prediction of Moisture Content in Untreated Pavement Layers and Application to Design in southern Africa.* CSIR Research Report 644, DRTT Bulletin 20, CSIR, Pretoria, Afrique du Sud.
32. Mitchell R L and M Ahronovitz (1972). *The Laying of Test Sections to Measure the Phenomenon of Hydrogenesis at Victoria Falls Airport.* Lab. Report 6/72, Ministry of Roads and Road Traffic, Salisbury, Rhodésie.
33. McLennan A K (1986). *Towards a Strategy for the Use of Marginal and Naturally Occurring Materials in Pavements.* ARRB Symposium, Bundaberg. Queensland, Australie, mars 1986.
34. Walker R N, W D O Paterson, C R Freeme and C P Marais (1977). *The South African Mechanistic Design Procedure.* Proc. 4th Int. Conf. on the Structural Design of Asphalt Pavements, Ann Arbor, Michigan, Etats-Unis, août 1977.
35. CSIR (1981). *The Mechanistic Design Method Used to Evaluate the Pavement Structures in the Catalogue of the Draft TRH 4 1980.* Technical Report RP/2/81. NITRR, CSIR, Pretoria, Afrique du Sud.
36. Kleyn E G (1982). *Aspects of Pavement Evaluation and Design as Determined with the Aid of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP).* M.Eng. Thesis, University of Pretoria, Pretoria, Afrique du Sud.
37. Wolff H, S J Emery, G D van Zyl and P Paige-Green (1995). *Design Catalogue for Low-volume Roads Developed for South African Conditions.* Proc. Sixth Int. Conf. on Low-volume Roads, Minneapolis, Minnesota, Etats-Unis, du 25 au 29 juin 1995.
38. Southern Africa Transport and Communications Commission (1998). *Code of Practice for the Design of Road Pavements (draft).* SATCC, Maputo, Mozambique.
39. Mitchell R L, C P van der Merwe and H K Geel (1975). *Standardised Flexible Pavement Design for Rural Roads with Light to Medium Traffic,* Ministry of Roads and Road Traffic, Rhodesia Government, Salisbury, Rhodésie.
40. Ministry of Works, Transport and Communications, Botswana (1982). *Roads Design Manual,* Roads Department, Gaborone, Botswana.

41. Ministry of Works, Tanzania (1999). *Pavement and Materials Design Manual*, Dar es Salaam, Tanzanie.
42. C P van der Merwe (1999). *Material and Pavement Structures for Low-volume Roads in Zimbabwe*. Unpublished Report, Harare, Zimbabwe.
43. Standards Association of Australia (1986). *Australian Standard 2341*. Methods of Testing Bitumens, Sydney, Australie.
44. Olivier J H W O (1990). *Models to Predict the Hardening Rate and Distress Viscosity Level in Sprayed Seals*. ARRB, Report No. 182. Vermont South, Australie.
45. Morton B S (2001). *The Foamability of Tar and the Engineering Properties of Foamed Tar Mixes*. M. Eng. Dissertation. University of Pretoria, Afrique du Sud.
46. Paterson W D O (1987). *Road Deterioration and Maintenance Effects, Models for Planning and Management*. John Hopkins University Press for the World Bank, Baltimore, Maryland, Etats-Unis, 1987.
47. Committee of State Road Authorities (1998). *Draft TRH3: Surface Seals for Rural and Urban Roads*, CSRA, Pretoria, Afrique du Sud.
48. Transport Research Laboratory (2000) *Overseas Road Note 3. A Guide to Surface Dressing in Tropical and Sub-Tropical Climates*. Overseas Centre, TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni. (2^{ème} édition).
49. SABITA Manual 10 (1992). *Appropriate Standards for Bituminous Surfacing for Low-volume Roads*. South African Bitumen and Tar Association, Cape Town, Afrique du Sud.

Bibliographie

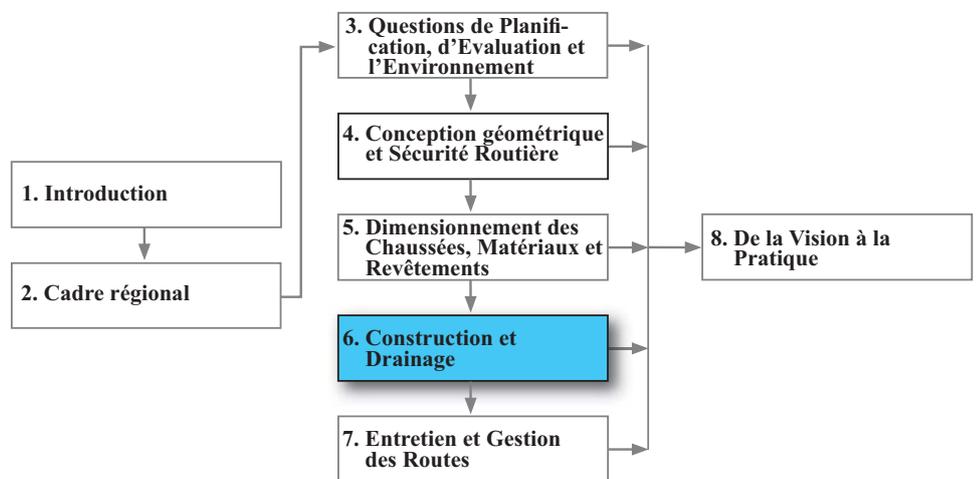
- American Society for Testing and Materials (1987). *Journal of ASTM Standards, Vol. 4.08*. Philadelphia, Pennsylvanie, Etats-Unis.
- Austroroads (1992). *Pavement Design. A Guide to the Structural Design of Road Pavements*. Austroroads Publication No. AP-17/92. Sydney, Australie.
- Austroroads (1995). *Sealed Local Roads Manual. Guidelines to Good Practice for the Construction, Maintenance and Rehabilitation of Pavements*. Sydney, Australie.
- Brink A B A (1979). *Engineering Geology of Southern Africa (Volumes 1 - 4)* (1979). Building Publications, Pretoria, Afrique du Sud.
- Roads Department, Ministry of Works, Transport and Communications (2001). *The Prevention and Repair of Salt Damage to Roads and Runways*. Guideline No. 6. Gaborone, Botswana.
- CEBTP (1980). *Practical Guide to Pavement Design for Tropical Countries*. Ministère de la Coopération, Paris, France.
- Collis L and R A Fox (1985). *Aggregates*. Geological Society, Londres, Royaume Uni.

- Committee of State Road Authorities (1987). *Standard Specification for Road and Bridge Works*. CSRA, Pretoria, Afrique du Sud.
- Committee of State Road Authorities (1979). *TMH 1: Standard methods of testing road construction materials*. CSRA, Pretoria, Afrique du Sud.
- Committee of State Road Authorities (1981). *TMH 5: Sampling methods for road construction materials*. CSRA, Pretoria, Afrique du Sud.
- Committee of State Road Authorities (1997). *TRH 4: Structural Design of flexible pavements for inter-urban and rural roads*. CSRA, Pretoria, Afrique du Sud.
- Committee of State Road Authorities (1985). *TRH 14: Guidelines for road construction materials*. CSRA, Pretoria, Afrique du Sud.
- Committee of State Road Authorities (1991). *TRH 16: Traffic loading for pavement design and rehabilitation*. CSRA, Pretoria, Afrique du Sud.
- Construction Industry Research and Information Association (1988). *Laterite in Road Construction Pavements*. Special Publication 47. CIRIA, Westminster, Londres, Royaume Uni.
- Croney D and P Croney (1991). *The Design and Performance of Road Pavements*. McGraw-Hill Inst., New York, Etats-Unis.
- Division of Roads and Transport Technology (1996). *Appropriate Use of Locally Available Materials in Concrete, Bituminous Surfacing and Layerworks for Roads in Rural Areas*. Project Report RR 93/263. CSIR, Pretoria, Afrique du Sud.
- Dyer C (1982). *Road Construction Technology in South Africa*, Juta & Ltd, Cape Town et Johannesburg, Afrique du Sud.
- Emery S J, S van Huyssteen and G D van Zyl (1991). *Appropriate Standards for Effective Bituminous Surfacing*: Final report, CSIR Transportek, Pretoria, Afrique du Sud.
- Ingles O G and J B Metcalf (1972). *Soil Stabilisation Principles and Practice*. Butterworths, Sydney, Australie.
- Lay M G (1985). *Source Book of Australian Roads*. ARRB. 3rd Ed., Sydney, Australie.
- Lay M G (1991). *Handbook of Road Technology*, Gordon and Breach Science Publishers, Reading, Berkshire, Royaume Uni.
- Metcalf J B (1991). *Use of Naturally Occurring but non-Standard Materials in Low-cost Road Construction*, Geotechnical and Geological Engineering, 9. Victoria, Australie.
- Mitchell M F, E C P Petzer and N Van der Walt (1979). *The Optimum use of Natural Materials for Lightly Trafficked Roads in Developing Regions*. Transp. Res. Record 702. Washington, D.C., Etats-Unis.
- Netterberg F (1993). *Low-cost Local Road Materials in southern Africa*. Geotechnical and Geological Engineering. Chapman and Hall, Londres, Royaume Uni.

- Paige-Green P (1994). *Recommendations for the use of Marginal Base Course Materials in Low-volume Roads in South Africa*, CSIR Transportek, Pretoria, Afrique du Sud.
- SABITA Manual 2 (1992). *Bituminous products for road construction*. Cape Town, Afrique du Sud.
- SABITA Manual 7 (SURF+) (1993). *Economic Warrants for Surfacing Roads*. Cape Town, Afrique du Sud.
- SABITA Manual 11 (1994). *Labour-enhanced construction for bituminous surfacings*, Cape Town, Afrique du Sud.
- SABITA Manual 12 (1995). *Methods and procedures: Labour-enhanced construction for bituminous surfacings*, Cape Town, Afrique du Sud.
- Toole T and D Newill (1987). *Strategy for assessing marginal quality materials for use in bituminous roads in the tropics*. Proc. Seminar H, PTRC Transport and Planning Summer Annual Meeting, University of Bath, Bath, Royaume Uni.
- Visser A T, J H Maree and G P Marais (1983). *Implications of Light Bituminous Surface Treatments on Gravel Roads*. 3rd Int. Conf. On Low-volume Roads, Transp. Res. Board, Washington D.C., Etats-Unis, 1983.
- Weston D J (1980). *Expansive soil treatment for southern Africa*. Proc. 4th International Conference on Expansive Soils, Denver, Colorado, Etats-Unis.
- Wooltorton F L D (1954). *The Scientific Basis of Road Design*. Edward Arnold Ltd., Royaume Uni.
- Yoder E J and M W Witczak (1975). *Principles of Pavement Design*, Wiley, New York, Etats-Unis.



Chapitre 6



Construction et Drainage

6

6.1	Introduction	6 - 1
6.1.1	Construction	6 - 1
6.1.2	Drainage	6 - 2
6.1.3	But et Portée du Chapitre	6 - 2
6.2	Questions de Construction	6 - 3
6.2.1	Caractéristiques de RRFVC.....	6 - 3
6.2.2	Construction à fort Coefficient de Main-d'œuvre	6 - 3
6.2.3	Considérations environnementales	6 - 4
6.2.4	Mobilisation.....	6 - 5
6.2.5	Contrats.....	6 - 6
6.2.6	Quantités des Terrassements et Méthodes de "Dimensionner et Construire".....	6 - 8
6.2.7	Travaillant en Collaboration avec la Nature	6 - 9
6.2.8	Stabilisation	6 - 9
6.3	Matériel de Construction	6 - 10
6.3.1	Introduction	6 - 10
6.3.2	Matériel utilisé avec des Méthodes de Construction à fort Coefficient de Main-d'œuvre.....	6 - 10
6.3.3	Unités lourdes de Construction.....	6 - 11
6.3.4	Matériel de Compactage.....	6 - 12
6.4	Utilisation de sols et de graviers naturels	6 - 14
6.4.1	Considérations générales.....	6 - 14
6.4.2	Gestion de Matériaux.....	6 - 15
6.4.3	Emprunts et la Communauté.....	6 - 16
6.4.4	Débroussaillage, Désouchage et Enlèvement de Terre végétale.....	6 - 17
6.4.5	Construction de Terrassements.....	6 - 17
6.4.6	Construction des Assises de Chaussée	6 - 18
6.4.7	Comment faire face à la Variabilité.....	6 - 20
6.4.8	Construction des Accotements.....	6 - 21
6.5	Construction des Enduits de Scellement.....	6 - 23
6.5.1	Sélection de Genre d'Enduit et des Matériaux	6 - 23
6.5.2	Ressources requises sur le Chantier	6 - 23
6.5.3	Production de l'Agrégat	6 - 24
6.5.4	Procédés de Construction	6 - 24
6.5.5	Facilité pour la Main-d'œuvre.....	6 - 25

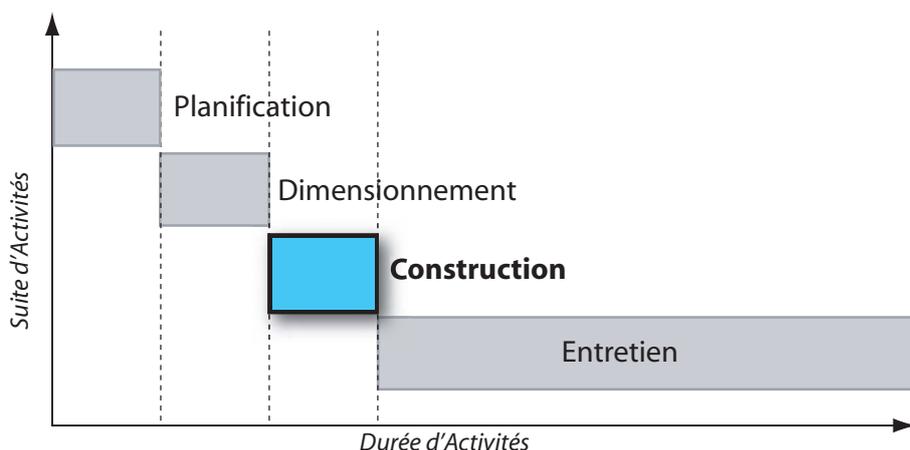
6.6	Assurance et Contrôle de Qualité	6 - 26
6.6.1	Introduction	6 - 26
6.6.2	Méthodologie	6 - 26
6.7	Drainage	6 - 29
6.7.1	Introduction	6 - 29
6.7.2	Drainage interne	6 - 29
6.7.3	Drainage externe	6 - 33
6.7.4	Hydrologie et Calculs hydrologiques	6 - 33
6.7.5	Structures de Drainage.....	6 - 34
6.7.6	Erosion	6 - 36
6.8	Résumé	6 - 37
6.9	Références et Bibliographie	6 - 38

Construction et Drainage

6

6.1 Introduction

6.1.1 Construction



La construction est la manifestation pratique des phases de planification et conception de la mise à disposition d'une RRFVC, pendant laquelle le constructeur se trouve face au défi d'adopter une *stratégie de construction* convenant aux besoins sociaux, économiques, culturels etc. qui prévalent dans un pays particulier. Dans la région de la CDAA, le but d'une telle stratégie devrait être l'optimisation de l'emploi des fonds restreints disponibles, en tirant le mieux parti possible des ressources relativement abondantes de main-d'œuvre, de matériaux indigènes et des compétences en construction.

Un des objectifs secondaires et des conséquences de l'adoption d'une stratégie appropriée de construction est que cette stratégie devrait aboutir à la réduction de la demande des devises étrangères peu abondantes, principalement par le moyen de diminuer le besoin de méthodes de construction à fort coefficient de matériel, là où elles sont possibles. Ce dernier souvent exige la modification des techniques conventionnelles de contrôle de la gestion de la construction, des conditions du contrat, des procédés pour évaluer des soumissions, ainsi que des procédés d'administration et du financement qui sont généralement utilisés pour la construction de routes principales à fortes volumes de circulation.

Quelque soit la stratégie de construction adoptée, la qualité du procès de construction est cruciale puisqu'il peut avoir un impact important sur les coûts ultérieurs de l'entretien de la route. Par exemple, *il est probable que les économies initiales réalisées pendant la phase de construction résultant de la fourniture de drainage inadéquat ou de contrôle médiocre de qualité seront annulées à maintes reprises pendant la durée de vie de la route, par les coûts additionnels d'entretien et de l'utilisateur.*

6.1.2 Drainage

Il est généralement accepté que le drainage soit le facteur le plus important qui régit le comportement d'une chaussée, surtout celui d'une RRFVC dans laquelle on a utilisé des matériaux qui se trouvent dans la nature et qui sont souvent sensibles à l'eau. La manque de bon drainage peut aboutir à l'admission de l'eau dans la structure de la chaussée, résultant en dommage structurel et des réparations coûteuses, et l'eau superficielle peut constituer un hazard routier, surtout sur des routes à grande vitesse où l'hydroplanage peut se produire. A cause de ces raisons, l'attention adéquate au drainage est un aspect important, non seulement du procédé préalable de conception, mais aussi des phases de construction et d'entretien de la mise à disposition des routes.

Il faut faire une distinction nette entre le drainage interne et le drainage externe. Le drainage interne contrôle le mouvement de l'eau au sein de la chaussée ou du remblai, tandis que le drainage externe s'occupe du contrôle de l'eau par diverses mesures prises pendant les étapes de conception et de construction. En dernière analyse, il faut établir un équilibre entre les coûts des mesures de drainage et la fonction de la route, telle qu'elle est perçue par les usagers de la route.

6.1.3 But et Portée du Chapitre

Le but principal de ce chapitre est de mettre en relief les différences significatives des approches à la construction des RRFVC par rapport à ceux des grands axes à forte circulation. En vue de l'importance d'utiliser la ressource la plus abondante dans la région – le main-d'œuvre – ce chapitre s'efforce de susciter la conscience de la portée de l'utilisation des méthodes de construction à fort coefficient de main-d'œuvre, ainsi que le genre de matériel qui conviendrait le mieux pour compléter cette approche. L'importance du drainage interne et externe approprié est également soulignée comme un aspect d'importance cruciale du comportement des RRFVC.



La perturbation des déplacements de véhicules et de piétons à cause des inondations des fleuves est un problème commun de beaucoup de zones rurales.

En vue de l'importance des méthodes de construction des RRFVC à fort coefficient de main-d'œuvre, chaque fois que cet aspect se produit, il est indiqué comme suit: FCM (Fort Coefficient de Main-d'œuvre)

FCM

6.2 Questions de Construction

6.2.1 Caractéristiques des RRFVC

En principe, le *procès* de construction des RRFVC ne diffère beaucoup de cet utilisé pour d'autres genres de route. Pourtant, les RRFVC sont beaucoup plus susceptibles que les autres genres de routes au contexte social, économique et technique dans lequel elles sont construites. Il peut y avoir des variations considérables en ce qui concerne la sélection de la méthode de construction, la nature des ressources disponibles et le genre de matériaux de construction utilisés. De plus, des aspects touchant aux impacts sociaux et environnementaux, y compris le besoin d'un plan d'action éventuel de rétablissement des habitants concernés, ont besoin d'attention particulière avant le commencement de construction.

Un aspect de la mise à disposition des RRFVC qui reçoit de l'attention accrue est l'emploi de méthodes de construction à fort coefficient de main-d'œuvre. Tous les gouvernements de la région se rendent compte que la croissance économique et la redistribution des richesses s'appuient sur les possibilités accrues de travail. Des efforts continus sont en train d'être fait pour créer du travail productif par l'utilisation de méthodes de construction et d'entretien à fort coefficient de main-d'œuvre, là où elles sont possibles tant techniquement qu'économiquement.

6.2.2 Construction à fort coefficient de main-d'œuvre.

L'objectif de la construction à fort coefficient de main-d'œuvre est de maximiser le nombre de possibilités de travail par unité de dépenses. Cette approche implique l'emploi d'une combinaison de main-d'œuvre et de matériel léger, plutôt que de matériel lourd, sans compromettre la qualité du produit fini. Elle optimise l'emploi de la main-d'œuvre et n'utilise des matériaux que pour les activités qui sont trop difficiles pour les effectifs de main-d'œuvre d'entreprendre efficacement et avec coût-efficacité. Malheureusement, malgré les avantages importants éventuels annoncés à grand renfort de publicité de la construction à fort coefficient de main-d'œuvre, plusieurs mythes et problèmes concernant cette technologie persistent toujours chez certains praticiens.

Cadre 6.1 - Des conceptions erronées communes concernant l'utilisation de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre et des menus entrepreneurs utilisant des méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre¹

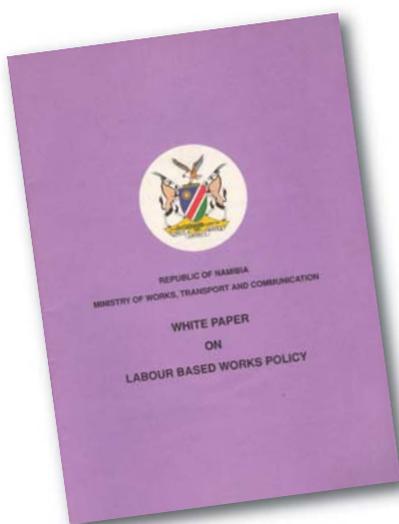
Mythes:

- Il faut abaisser les normes afin de pourvoir aux méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre
- La construction à fort coefficient de main-d'œuvre est périmée et n'est pas compatible avec le monde d'aujourd'hui
- On peut employer des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre pour tout genre de construction
- La construction à fort coefficient de main-d'œuvre n'est destinée que pour des schèmes de secours des indigents
- Les entrepreneurs peu instruits ne comprendront jamais les procédés des appels d'offres
- On peut se servir de main-d'œuvre volontaire pour empêcher les coûts à monter.

Problèmes:

- Manque de documentation convenable à la gestion de contrats basés sur travail à fort coefficient de main-d'œuvre
- Beaucoup de clients ne sont pas encore prêts même à considérer une approche basée sur travail à fort coefficient de main-d'œuvre
- Beaucoup de clients ne peuvent pas traiter des paiements de main-d'œuvre et des matériaux assez rapidement pour permettre marcher sans à-coups un contrat basé sur l'emploi d'un fort coefficient de main-d'œuvre.

Afin de surmonter ces problèmes, il sera nécessaire de faire plus d'emploi des formes de contrat plus convenables; les maîtres d'ouvrage devront acquérir la pratique de l'adjudication et gestion de contrats à fort coefficient de main-d'œuvre et les menus entrepreneurs devront acquérir la pratique de la gestion efficace de tels contrats. Les ministères gouvernementaux devront aussi développer des stratégies qui faciliteront la mise en application des politiques favorisant la croissance de l'emploi.



Le développement d'un Livre Blanc traitant d'une Politique de Travail à fort coefficient de main-d'œuvre est un exemple de la stratégie d'un gouvernement dans la région de la CDAA pour réaliser l'utilisation accrue des ressources humaines abondantes dans le secteur routier².

Un exemple du choix approprié de technologie



FCM

Le désouchage des arbres est un exemple d'une technologie appropriée employant un fort coefficient de main-d'œuvre.



FCM

Criblage d'agrégats pour le revêtement d'une route.

Avant le commencement de la construction, toutes les évaluations environnementales doivent être achevées afin d'assurer que le projet ne réalise pas son propre but au détriment des pertes ou inconvénients des bénéficiaires ou des générations futures³.

Convenance des Activités de Construction à des Projets à fort Coefficient de main-d'œuvre

Beaucoup d'activités sont très appropriées à des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, telles que le défrichage de terrain/débroussaillage et le tranchement de fosses, tandis que des activités, telles que de compactage des assises d'une chaussée où le transport des matériaux sur de longues distances (typiquement > 5 Km) ne le sont pas. Outre que les considérations économiques, certaines activités de construction (par ex. le maniement de sections lourdes préfabriquées) est littéralement impossible sans l'emploi du matériel approprié. Néanmoins, on peut éviter ces genres de problème si on met l'emphase sur les activités qui peuvent être entreprises efficacement par l'emploi de méthodes de travail à fort coefficient de main-d'œuvre et par la sélection de possibilités de conception qui minimiseront le besoin d'équipement.

Des projets à fort coefficient de main-d'œuvre ont généralement besoin d'une quantité assez grande de main-d'œuvre. Dans une telle situation, le personnel gestionnaire du chantier devraient être de bons "gestionnaires des hommes" avec une bonne formation technique et en gestion. Ils devraient être au fait avec les traditions et structures sociales locales, afin d'éviter des disputations graves en chantier, qui pourraient constituer un risque au progrès de construction et, à la fin, à la durabilité du projet.

6.2.3 Considérations environnementales

La construction routière peut avoir une influence néfaste sur l'environnement en plusieurs façons. En supposant que les mesures atténuantes nécessaires aient été incorporées dans les documents de contrat, il est important que l'entrepreneur soit complètement conscient que ses responsabilités environnementales sont une partie de ses obligations contractuelles.

De plus, la conformité aux exigences environnementales du projet devrait être suivie tout au long du procès de construction afin de remédier des problèmes avant qu'ils se manifestent (Section 3.4).

Cadre 6.2 - Directives de la pratique courante de l'atténuation du dommage à l'environnement³

- **Procédés de construction:** Assurer l'existence d'un Plan Gestionnaire de l'Environnement qui établit les engagements spécifiques des responsabilités concernant la protection de l'environnement, les mesures, le suivi et les audits qui doivent être fait pendant la construction afin de réaliser les exigences environnementales spécifiées dans le contrat
- **Procédés de Construction:** Assurer que les procédés sont adoptés qui:
 - Minimisent la perturbation au flore et faune
 - Minimisent la sédimentation et l'érosion par la réalisation de mesures efficaces de drainage/contrôle des eaux de pluie
 - Minimisent la génération de poussière et de bruit
 - Réalisent la re-végétation des aires perturbées par la construction routière
 - Minimisent les impacts visuels et la perturbation environnementale aux camps de chantier
 - Minimisent les impacts environnementaux des réserves et stockages des matériaux
 - Minimisent les déchets de construction et s'en débarrasser à une location qui est durable du point de vue de l'environnement
 - Prêter de gestion environnementalement saine, pour le maniement, stockage et débarrasement, s'il se trouve nécessaire, des carburants, huiles, lubrifiants, bitume et les produits chimiques utilisés dans le procès de construction routière.
- **Audit:** Assurer l'existence d'un système documenté de "diligence appropriée de l'environnement" pour mesurer la conformité le long du procès de construction avec les exigences de la gestion environnementale, afin de corriger des problèmes avant que des impacts environnementales néfastes se produisent.

6.2.4 Mobilisation

Éléments préliminaires et généraux

Les RRFVC sont souvent construites dans des régions éloignées et les coûts d'établissement généralement constituent une partie importante des coûts totaux du projet. Le coût des éléments préliminaires et généraux, là où l'établissement est compris, représente une proportion plus grande du coût total de la construction des RRFVC que celui des routes à plus fortes volumes de circulation.

Cependant, là où des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre sont utilisées, on peut attendre que les coûts de mobilisation seront beaucoup moins élevés que ceux des unités grandes à forte proportion de matériel. Ceci favorise l'utilisation des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre dans des locations éloignées, dans des circonstances où les projets sont relativement petits ou où les projets plus grands peuvent être partagés en des contrats plus petits.

La santé et la sécurité sur le chantier

Dans tous les pays du monde la construction routière est considérée parmi les occupations les plus hasardeuses, surtout sur des projets où il y a une forte proportion de main-d'œuvre. Les situations typiques suivantes des chantiers des RRFVC nécessitent que de l'attention devrait être prêtée aux précautions de santé et sécurité sur chantier:

- Les RRFVC sont souvent construites dans des régions éloignées où il n'y a qu'un accès restreint aux soins médicaux d'urgence, résultant en l'aggravation des conséquences dans le cas d'accidents sur le chantier. Dans ces circonstances, il faut y avoir une conscience accrue des risques associés à des opérations particulièrement hasardeuses et il faut prendre les mesures nécessaires pour minimiser ces risques. Par exemple, il faut employer du personnel instruit en secourisme sur le chantier et des réserves adéquates d'équipement et des médicaments de secours devraient être gardés dans un lieu sûr et propre. Il se peut que ce dernier soit requis par les lois d'emploi du pays.
- La manipulation de bitume chaud est potentiellement hasardeuse à cause de la risque de brûlures et de l'inhalation des fumées. L'utilisation de l'émulsion de bitume, qui peut être manufacturée sur chantier, est préférable.⁴
- Les mesures de sécurité routière dans des régions éloignées à faibles volumes de circulation souvent reçoivent moins d'attention qu'elles méritent. Pourtant, le trafic traversant les chantiers à grandes vitesses constituent toujours un hasard pour le personnel de construction.



La manipulation du bitume est hasardeuse et exige des locations convenables pour le stockage, le chauffage ou le mélange.



L'aide psychosociale avant le commencement d'un projet est un moyen important de combattre contre VIH/SIDA résultant des activités de construction.

VIH/SIDA

Tous les gouvernements dans la région de la CDAA se sont consacrés à lutter contre VIH/SIDA. A cet égard, les opérations de construction sont pertinentes pour les raisons suivantes:

- La construction de routes exige les services de personnel qualifié, suivant le genre de l'opération et du projet. Ceci aboutit à la migration de la main-d'œuvre et, parfois, à la division des familles, une situation qui est généralement considérée comme partiellement responsable de la propagation de VIH/SIDA.
- Des RRFVC sont souvent construites dans des régions à faible population où les communautés locales sont vulnérables aux effets transitoires de l'afflux de beaucoup d'ouvriers. L'établissement d'un campement routier peut résulter en un changement rapide de l'économie locale, ce qui aggrave ces effets.

La conscience de ce problème et la participation active dans la prise de mesures de combattre contre VIH/SIDA sont devenues des exigences nécessaires pour des opérations durables et touchent toutes les parties responsables dans la construction routière.

6.2.5 Contrats

Travaux à fort coefficient de main-d'œuvre

Les trois mécanismes principaux qu'on peut adopter pour l'expansion des méthodes de construction et de l'entretien à fort coefficient de main-d'œuvre chez les menus entrepreneurs sont indiqués dans la Figure 6.1 et sont décrits brièvement ci-dessous²:

- *Le modèle Régi par le Gouvernement*: Suivant ce modèle c'est l'agence routière gouvernementale qui est responsable de tout aspect du développement des entrepreneurs (y compris l'administration et paiement des menus contrats).
- *Le modèle Agence*: Une agence gestionnaire indépendante à but non lucratif ou un cabinet-conseil à but lucratif est responsable de tout aspect du développement des entrepreneurs.
- *Le modèle Equipe de Développement*: La responsabilité est partagée entre le maître d'ouvrage, le gérant de construction et le gérant des matériaux.

Disposition de Production	En régie	En contrat				
Approche	En régie	Utilisation d'entrepreneurs établis		Développement de menus entrepreneurs		
Mécanisme de livraison	En régie	Conventionnel	Sous-traitance	Régi par le Gouvernement	Agence	Equipe de Développement
	Employeur ↓ Ouvriers	Employeur ↓ Entrepreneur établi ↓ Ouvriers	Employeur ↓ Entrepreneur établi ↓ Menu Entrepreneur ↓ Ouvriers	Employeur ↓ Menu Entrepreneur ↓ Ouvriers	Employeur ↓ Cabinet-Conseil ↓ Menu Entrepreneur ↓ Ouvriers	Employeur ↓ Menu Entrepreneur ↓ Ouvriers Cabinet-Conseil et/ou Entrepreneur établi

Figure 6.1 - Dispositions possibles de l'entreprise de travaux à fort coefficient de main-d'œuvre

Le genre de modèle à adopter dépendra principalement de l'environnement de passation de marches du pays concerné et de la mesure de l'accepte des réformes institutionnelles mentionnées dans le Chapitre 2. Par exemple, si l'agence routière fonctionne bien et la réforme peut être facilitée, il se peut que le modèle régi par le gouvernement soit le plus approprié. Inversement, si l'agence routière ne peut pas apporter les réformes requises dans un délai raisonnable, ou préférerait passer une partie de la risque du développement de l'entrepreneur au secteur privé, le modèle Equipe de Développement pourrait être le plus convenable.

Aspects de Risque

Chaque fois que des routes sont construites avec des méthodes innovatrices ou avec des matériaux de qualité marginale, l'aspect de risque nécessairement intervient dans le procès (Chapitre 5, Dimensionnement de Chaussées, Section 5.4.6). Il faut considérer soigneusement le risque et le gérer par rapport aux avantages potentiels offerts. L'agence routière est souvent la mieux placée pour attribuer le risque comme elle la juge convenable, puisqu'elle généralement maîtrise les conditions qui contrôlent le projet.

Il y a beaucoup de possibilités pour la construction des RRFVC d'innover et de réaliser des économies, comme souligné dans chaque chapitre de ces Directives. Cependant, étant donné la nature de l'industrie de construction, le parti le mieux placé de promouvoir l'innovation est l'agence routière. *Néanmoins, l'agence ne peut pas s'attendre qu'il lui revient de l'avantage potentiel des coûts réduits de construction émanant de l'emploi de méthodes innovatrices à moins qu'elle ne soit pas également prête à assumer une partie des risques éventuelles qui puissent être perçus comme étant impliqués.*

Un entrepreneur ou consultant commercial devra évaluer le coût du risque et de l'incorporer dans le contrat, y compris les frais d'assurances et les pertes potentielles dans la réalisation du projet si des problèmes se produisent. C'est cet aspect qui est une entrave commune aux innovations qui pourraient résulter en des avantages importants pour la société par la mise à disposition des RRFVC dans des régions rurales et en se servant des méthodes plus coût efficaces. Donc il paraît raisonnable que la société, par l'intermédiaire de l'agence, assume une grande partie du risque calculé, sans oublier que la société est aussi le bénéficiaire potentiel de l'utilisation des méthodes innovatrices. Ainsi, l'agence routière devrait considérer soigneusement la valeur de partager une partie du risque qui normalement réside chez l'entrepreneur, lorsqu'elle permet, favorise ou prescrit l'utilisation de méthodes ou de matériaux qui sont perçus comme comportant un risque accru.

Les étapes de Planification et de Conception

La clé d'assurer des opérations optimales pendant la construction avec des matériaux marginaux et dans une variété de conditions climatiques différentes est dans la préparation et la planification/conception des contrats. Le tirage du profit maximum de l'utilisation des matériaux marginaux dépend de l'emploi par l'entrepreneur de méthodes appropriées de gagner les matériaux et puis de les traiter pour qu'ils conforment aux spécifications prescrites. Le but est d'utiliser au maximum le potentiel des ressources en matériau dans la zone du projet, une fois que la norme appropriée a été établie pour le projet. Comme indiqué dans le Cadre 6.3, les conditions du contrat peuvent comprendre des incitations afin d'assurer que l'entrepreneur et l'agence responsable du projet s'efforcent à réaliser le même résultat final.



L'utilisation de matériaux rocheux dans des terrassements massifs peut accélérer la construction en:

- Permettant la construction d'assises épaisses en une seule course
- Éliminant le besoin de l'eau de construction et de son mélange dans les terrassements
- Minimisant le besoin d'essais de laboratoire.

Cadre 6.3 - Des questions à considérer pendant la préparation du contrat

Puisque les entrepreneurs normalement dépendent beaucoup de leur marge brute d'autofinancement pour faire face à leurs obligations financières liées au projet, il faut prêter de l'attention spéciale à la préparation des contrats pour la construction des RRFVC:

- Il se peut que l'entrepreneur soit peu disposé à faire des réserves de matériaux bien en avance du commencement de construction (une approche qui améliore la gestion de matériaux marginaux), à moins qu'il n'y ait un paiement séparé pour les opérations d'emprunt qui assurerait sa marge brute d'autofinancement.
- Il est peu probable que les entrepreneurs sélectionneront le mieux d'entre deux matériaux différentes, dont tous les deux conforment aux spécifications minimum de qualité, s'ils devront comporter le montant total de tous les coûts additionnels.
- L'inclusion des coûts de transport des matériaux dans le contrat joue un rôle-clé dans la direction et la création de primes pour l'entrepreneur de trouver et utiliser des matériaux de qualité non standard, dont l'utilisation est considérée souhaitable et, à la fin, avantageuse pour l'agence routière.
- Bien que les spécifications doivent être élaborées afin de pourvoir la production d'un produit fini acceptable avec des matériaux marginaux et variables, il se peut qu'il y ait des occasions où le dépassement des spécifications minimums puisse être avantageux pour le projet. Cependant, il est peu probable qu'un entrepreneur dépensera des ressources ou du temps additionnels pour la réalisation d'un produit fini qui dépasse les spécifications, à moins qu'il n'y ait un schéma approprié de récompense en place.
- Dans le choix entre l'utilisation de matériel ou de main-d'œuvre, il est probable que l'entrepreneur choisira l'option qui favorise la meilleure utilisation de *ses propres ressources* et qui lui rend la meilleure marge brute d'autofinancement. Il se peut que cette option ne coïncide pas avec les ressources optimales du projet de la perspective socio-économique du pays. Ainsi, là où il est justifié, il puisse être nécessaire de spécifier certaines méthodes opérationnelles dans les conditions du contrat.

Etape de Construction

Le but final de toutes les parties impliquées dans un projet de construction est de tirer parti optimal des ressources disponibles afin de conformer le plus efficacement possible aux normes prescrites. Cependant, après le commencement du projet, il se peut qu'il ne soit pas toujours possible d'effectuer des changements dans les barèmes d'articles ou de paiement sans faisant face à des demandes d'indemnisation. Néanmoins, le personnel de supervision peut faciliter la réalisation de solutions optimales en plusieurs moyens qui évitent des demandes d'indemnisation.

Les exemples ci-dessous sont typiques:

- S'ils sont disponibles, l'utilisation de matériaux de qualité supérieure peut être encouragée, en montrant à l'entrepreneur le potentiel de réduire le temps requis pour le traitement de l'assise, le besoin diminué de l'adjonction de l'eau qui souvent en résulte, et la probabilité accrue d'achever les spécifications avec plus de cohérence.
- L'amélioration continue de la qualité du travail ou de la méthode peut justifier l'emploi accru de spécifications de méthode, la fréquence réduite d'essais de contrôle ou l'emploi de méthodes d'essai plus faciles. A son tour, celle-ci bénéficiera l'entrepreneur en accélérant le rythme de construction.

6.2.6 Quantités de Terrassements et des Méthodes de "Conception et Construction"

Le coût des terrassements dans la construction des RRFVC constitue une proportion plus importante que celui des grandes routes où souvent on emploie des options plus coûteuses pour les structures de chaussée et d'autres équipements. Ainsi, un facteur clé de la réduction des coûts routiers totaux est la maximisation de l'utilisation des matériaux de remblai dans le tracé de la route et la minimisation de la distance de transport ou, préférablement, de l'éviter complètement, c à d, la réutilisation de matériel pour déblai/remblai ou l'utilisation des matériaux dans l'emprise routière/draines latéraux. La réduction de remblais est un facteur clé de la réduction des coûts de terrassements.

Cadre 6.4 - Besoins du personnel de terrain lorsqu'on emploie des méthodes de "Conception et Construction"

Là où on emploie des méthodes de "Conception et Construction" c'est d'une importance capitale que le personnel de chantier comprend les conséquences de la sélection du tracé. Ceci est important pour:

- la sécurité de la circulation
- le drainage interne et externe de la chaussée
- les mesures requises pour le traitement de sols médiocres d'in situ
- les mesures de quantité pour remboursement.

Le tracé en plan devrait avoir toujours la priorité absolue quand les ressources sont affectées pour la sélection du tracé. Ceci est à cause des avantages qui émanent de la non modification du tracé, si la route est améliorée dans le futur. Cependant, en établissant le tracé, il faut prêter de l'attention soignée à une grande variété de traits au sein de l'emprise routière, y compris des habitations, champs, tombeaux, accès pour la communauté, canaux de drainage et d'irrigation, bassins versants, proximité des matériaux d'in situ, présence de roches et d'autres matériaux inconvenables, conservation de la flore et de la faune etc.

La quantité des terrassements est régie par:

- **le concepteur**, là où des conceptions géométriques pré-élaborées sont utilisées
- **le personnel de chantier**, là où des méthodes de "conception à vue" sont utilisées.

Des méthodes de "Conception et Construction" peuvent apporter des avantages sous la forme de rythme accrue de construction et, en quelques cas, la réduction des quantités de terrassements, avec les économies associées. Cependant, cette approche n'est viable que si le personnel de chantier a les compétences et connaissances requises et si le procédé approprié de "mesure pour remboursement" est en place.



La fourniture de l'eau de construction peut nécessiter la construction de canalisations temporaires.



FCM

La stabilisation avec du ciment ou du chaux peut être réalisée avec du succès en employant des méthodes de base et du travail manuel.

6.2.7 Travaillant en collaboration avec la Nature

On peut réaliser des économies là où la coordination des opérations de construction peut être réglée pour convenir à des conditions favorables de temps. Cependant, ceci exige une approche souple. En travail contractuel, une telle approche peut être difficile à réaliser à cause des difficultés contractuelles, à moins que les contrats soient conçus spécialement à ce but. La construction en régie a plus de possibilités de souplesse pour profiter des conditions locales qui souvent changent rapidement et ne sont pas facilement prévisibles. Elle permet des modifications et l'introduction de nouveaux procédés sur chantier sans provoquer des disputations contractuelles.

Un exemple de "travailler avec la nature" dans un climat chaud et sec est la minimisation de l'utilisation de l'eau pour le compactage, ainsi aboutissant à la réduction du coût associé et des délais⁶. Telles techniques pourraient comprendre:

- L'enlèvement du sol superficiel des emprunts avant la saison de pluies afin de permettre la pénétration profonde de l'eau dans la veine de gravier, ainsi augmentant sa teneur en eau avant le stockage
- La réalisation du compactage de la sous-couche pendant, ou juste après, la saison de pluies (c à d en des conditions plus proches aux conditions maximums de compaction)
- L'adjonction et le mélange de l'eau pendant la nuit afin de minimiser des pertes résultant de l'évaporation.

Cependant, il est important d'être conscient du fait qu'il pourrait être plus coûteux d'assécher le gravier à une teneur en eau optimum que d'importer de l'eau pour le compactage.

6.2.8 Stabilisation

Pas tous les graviers naturels ne sont convenables pour l'utilisation comme matériaux routiers dans les RRFVC et quelque sorte d'amélioration sera nécessaire afin de réaliser une résistance adéquate et de restreindre la perméabilité. Il y a beaucoup d'agents stabilisants disponibles pour réaliser ces améliorations, dont les agents conventionnels – le ciment et la chaux – ont eu du succès considérable dans le passé dans la région. On peut s'attendre que la stabilisation avec des pouzzolanes sera également efficace s'ils sont appliqués correctement. L'emploi de bitume est devenu une option viable au cours des dernières années par suite du développement des émulsions et des technologies de liants écumants à utiliser avec des matériaux naturels.

En plus des agents stabilisants conventionnels et éprouvés, il y a actuellement de certaines marques d'agents stabilisants chimiques de rechange. Cependant, l'expérience avec l'utilisation de ces agents stabilisants a généralement été mitigée, et on devrait exercer de caution dans leur utilisation.

En règle générale, les agents stabilisants de tout genre ne doivent être utilisés qu'après considération soigneuse de toute possibilité, y compris, en particulier, le criblage des matériaux pour améliorer leur granulométrie ou leur stabilisation mécanique par le mélange des matériaux. A moins qu'il n'y ait d'expérience préalable de l'utilisation des produits, il existe un risque dans l'adjonction de substances à des matériaux naturels qui ne fonctionnent pas comme prévu et qui résultent en des coûts accrus de construction. Par exemple, il y a le risque qu'un échec à la méthode de stabilisation peut rendre le remaniement du matériau difficile et coûteux, parce que les travaux curatifs sur les matériaux préalablement stabilisés peuvent exiger l'adjonction d'au moins 40 pour cent de gravier neuf.

Les charges de circulation sur des chaussées neuves par le matériel de construction suscitent de l'inquiétude sur des projets à long terme où il y a des charges lourdes après la construction du revêtement. Dans tels cas, le trafic de construction devrait être compris dans le trafic de référence. Autrement il y aura besoin de planification de la suite de travail, ainsi que la mise en application de mesures destinées à minimiser les effets produits par le trafic de construction.



FCM

Des brouettes constituent une partie du matériel utilisé dans des TFCM.



FCM

Le concept de l'emploi d'ouvriers et de petites bennes roulantes tirées par des tracteurs est un bon exemple de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre.

6.3 Matériel de Construction

6.3.1 Introduction

La sélection du genre de matériel le plus approprié à un projet particulier dépend normalement des facteurs majeurs suivants:

- L'état du chantier
- La grandeur du projet
- Les conditions du sol et le genre de matériau utilisé
- La mesure dans laquelle le travail manuel est utilisé dans l'opération.

Le matériel actuellement utilisé pour la construction des RRFVC dans la région varie des équipements lourds pour les grandes routes, aux équipements légers utilisés pour les méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre. Il ne sera pas toujours convenable d'utiliser des équipements lourds à haute capacité sur beaucoup de chantiers des RRFVC à cause des quantités plus restreintes de matériau et des dimensions plus petites des travaux. Ce matériel est certainement non approprié là où des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre sont utilisées dans une mesure importante. L'emploi de main-d'œuvre dans des opérations de construction nécessite des solutions souples avec maintes petites unités de matériel.

6.3.2 Matériel utilisé avec des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre

Des méthodes qui ne consistent que de l'emploi d'un fort coefficient de main-d'œuvre ont généralement besoin d'équipement simple, tels que des brouettes et peut-être des charrettes attelées par des animaux, souvent appuyé par l'emploi de transports mécaniques. De plus, des compacteurs manuels peuvent être utilisés pour le compactage. Ceux-ci exigent l'emploi de méthodes spécifiques pour être efficaces, telles que la construction avec une épaisseur maximum de l'assise de 75 mm, et il est peu probable qu'elles seront efficaces dans des opérations où les matériaux routiers exigent de compactage sur une grande échelle. Le matériel de compactage plus lourd que le matériel léger normalement utilisé sur des routes construites avec des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre peut être nécessaire pour le compactage des assises des chaussées dans des routes revêtues. Le macadam d'imprégnation, les couches de base traitées avec de l'émulsion bitumineuse et des chaussées en béton armé mince peuvent être construites entièrement avec des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, tandis que des matériaux à granulométrie dense nécessitent l'utilisation de méthodes à fort coefficient d'équipement afin d'être efficaces.

Le matériel adapté pour le travail manuel - Unités de tracteurs

Des unités de construction avec des tracteurs agricoles⁷ fourniront de souplesse dans l'emploi des menus articles d'équipement qui seront convenables là où le travail manuel est un composant important de l'exécution des travaux routiers. Les emplois de tracteurs agricoles dans des opérations-clés comprennent:

Chargement/transport: Un petit nombre de tracteurs peuvent faire marcher, par intermittence, beaucoup de petits bennes roulantes ou remorques, ainsi donnant aux ouvriers assez de temps de les charger, tout en maximisant l'emploi des tracteurs. L'hauteur de ces bennes et remorques devrait être telle qui permettra leur chargement manuellement. Si ce n'est pas possible, la méthode à banc peut être utilisée pour faciliter le chargement manuel.

Répandage/profilage: Des niveleuses convenables pour remorquage par des tracteurs agricoles sont disponibles en plusieurs grandeurs pour des opérations de répandage et profilage. Il y a aussi la possibilité que ces opérations peuvent être réalisées manuellement, si un peu de réduction de la régularité du profil en long peut être tolérée.

Il n'y a pas beaucoup d'emploi pratique pour des tracteurs dans la scarification et le stockage dans des emprunts. Des bouteurs et des pelleteuses sont normalement requis. Des ouvriers peuvent aussi faire ce genre de travail sous des conditions de chantier favorables.



Un tracteur typique utilisé dans la construction à fort coefficient de main-d'œuvre.



Des opérations typiques de chargement de graviers.

Arrosage: On peut utiliser des tracteurs pour remorquer des tonneaux d'arrosage équipés de rampes simples d'épandage pour le répannage régulier de l'eau sur les sections préparées pour le compactage.

Mélange sur la route: Des herbes agricoles à disques, tirées par des tracteurs lourds, sont très efficaces pour le mélange, y compris le mélange des matériaux sur la route avec de l'eau, ainsi que pour la stabilisation ou le mélange des matériaux.

Compactage: Des rouleaux vibrants, rouleaux à grilles ou des rouleaux remorqués de compactage. (Dans des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, les rouleaux sont souvent contrôlés manuellement).

Préparation de surface: Balais mécaniques remorqués.

Opérations bitumineuses: Des répandeurs de liant peuvent être utilisés pour l'application des couches d'imprégnation et des liants, conjointement avec du matériel convenable de chauffage et de pompage. Pour des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, les émulsions de bitume sont généralement préférables afin d'éliminer le besoin de chauffer les liants à des températures élevées.

Agrégats de revêtement: Le répannage des agrégats manuellement des remorques – utilisé aussi pour le gravillonnage en arrière.

Cadre 6.5 - Avantages de l'emploi des unités à tracteur

Dans des opérations, des unités à tracteur offrent les avantages suivants qui sont convenables pour des entrepreneurs émergents et pour des opérations dans des régions écartées:

- Exploitation du matériel: Le nombre d'unités employées est réduit et l'entretien du matériel est facile, ne nécessitent que des compétences mécaniques ordinaires.
- Disponibilité du matériel: Il est souvent facile de trouver de matériel dans la région hors de la saison de labourage, ce qui aboutit à la souplesse de la gestion du parc d'équipements.
- Utilisation améliorée des tracteurs agricoles.
- Il est souvent plus facile d'obtenir des pièces de rechange pour des tracteurs agricoles que pour le matériel lourd de construction.

6.3.3 Unités lourdes de Matériel

Des unités de construction de diverses grandeurs, basées sur l'emploi de matériel conventionnel, par contraste avec des unités basées sur l'emploi de tracteurs, sont très répandues dans la région. Les composants des unités typiques de ce genre ont les caractéristiques suivantes dans le contexte de construction des RRFVC dans des régions écartées, souvent par un entrepreneur émergent:

Emploi de bouteurs pour le stockage: Il est difficile d'utiliser de grands bouteurs (par ex. > 40 tonnes) économiquement là où les sources des matériaux dans chaque emprunt sont petites, écartées et de qualité très variable. Des modèles plus petits sont normalement plus convenables pour cette opération. De l'entretien préventif régulier des bouteurs par de personnel expérimenté est nécessaire.

Chargeuses à chargement antérieur pour le chargement: Les chargeuses à chargement antérieur existent en une variété de grandeurs. On s'en sert principalement pour le chargement des graviers, mais l'emploi de ce genre de matériel dépend également de la-capacité des camions disponibles. Pour des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, une tractopelle est aussi convenable et peut charger un camion de 6 mètres cubes en 5 minutes.



Les niveleuses sont versatiles pour le traitement des matériaux sur la chaussée.



Des pelleteuses sont commodes pour plusieurs applications, y compris le levage.



Le concassage de tout fraction surdimensionné bénéficiera la granulométrie et la qualité du matériau disponible.



Rouleau à grille.

La grille en gros plan.

Décapeuses: Celles-ci sont efficaces quand la quantité des terrassements est importante et/ou quand la qualité du matériau n'est pas cruciale. (Le contrôle de la qualité du matériau est très difficile lorsqu'on se sert des décapeuses.) L'avantage de l'emploi des décapeuses est qu'on peut les employer pour l'excavation de la chaussée, l'excavation des drains, le remblayage, le répandage et, à une certaine mesure, pour le compactage. Cependant, des décapeuses à moteur encourrent des coûts très élevés de placement et d'exploitation et, en conséquence, nécessitent tant un haut degré d'utilisation que des compétences mécaniques pour leur entretien. Ainsi, leur exploitation est coûteuse et actuellement il y a une tendance de les remplacer par une combinaison d'autres genres d'équipement.

Les niveleuses à moteur sont très adaptables et elles sont généralement utilisées pour l'arasement des tas de gravier, le répandage du gravier, le concassage des revers, le mélange avec de l'eau, le placement des assises graveleuses pour le compactage, le dressage des niveaux, le profilage du prisme routier, le profilage des bermes de défilement et le coupage des drains angulaires. La plupart des opérations effectuées avec des niveleuses à moteur peuvent être effectuées par l'emploi des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre. Cependant, sur des routes à des plus forts volumes de circulation, il se peut qu'il soit préférable de dresser les niveaux finaux avec une niveleuse à moteur afin d'obtenir une bonne qualité de roulement. Ce dernier peut être effectué comme une opération unique quand une longueur suffisante (disons 20 Km) de couche de base a été placée manuellement.

Pelleteuses: L'emploi de grandes pelleteuses peuvent effectuer les opérations tant d'un boteur que d'une chargeuse à chargement antérieur pour le mouvement des terres sur la chaussée et dans les emprunts, et représente une possibilité économique. La sélection de la qualité de matériau est très difficile et telles opérations ne peuvent donc être utilisées que dans les cas où le matériau est d'une qualité uniforme ou où le matériau peut être de qualité variable dans les cas où l'assurance de qualité n'est pas crucial (par ex. dans des terrassements massifs).

Camions articulés de décharge: Ces véhicules encourrent des coûts élevés de placement et d'exploitation et il y a des exigences rigoureuses des compétences mécaniques pour leur entretien. Elles peuvent être efficaces dans des opérations à haute capacité et ont la capacité d'opérer tant hors route que sur les routes, si ces unités peuvent exploiter légalement les routes publiques.

Camions à bennes basculantes: Des camions ordinaires à bennes basculantes sont souvent préférés par des entrepreneurs émergents à cause du fait qu'on peut les utiliser pour d'autres buts de transport et parce qu'on peut les acheter facilement dans le marché de revente, et les pièces de rechange sont généralement faciles à obtenir. Il n'y a besoin que de compétences moyennes pour leur entretien mécanique.

6.3.4 Matériel de compactage

En plus des rouleaux conventionnels de compactage, il y a d'autres genres de matériel qui rendent des avantages particuliers dans la construction des terrassements et des assises de chaussée dans des RRFVC. Ils comprennent:

Rouleaux à grille: Celui-ci est un rouleau qui est remorqué à une vitesse assez élevée (environ 15 Km/heure) pour le concassage du refus et pour le compactage. De cette façon le matériau est mieux utilisé et des problèmes émanant des particules trop grands sont évités. L'emploi de ce matériel généralement donne des résultats satisfaisants pour le compactage tant de chaussées construites de gravier naturel que d'assises de remblais construits de matériaux de qualité marginale, dont le compactage à la profondeur totale de l'assise est parfois difficile.

Ce genre de rouleau permet le compactage en plusieurs levures/travées plus petites au même temps où les matériaux sont répandus par les niveleuses. Ceci se réalise sans le développement de laminages ou de plans de cisaillement au sein de l'assise, à cause du patron sur la surface du rouleau.



Rouleau pneumatique.

En gros plan.



Compacteur à choc à 3-côtés.

Rouleaux pneumatiques remorqués très lourds: Ce genre de rouleau peut peser jusqu'à 50 tonnes sur un essieu et on l'a employé – avec du succès - pour le compactage et le cylindrage de correction de la plate-forme, surtout dans des assises épaisses de sable à granularité unique. L'avantage de l'emploi de ce rouleau est qu'il fournit une fondation uniforme et solide pour la chaussée, qui est réalisée par l'effondrement et densification de toute zone molle.

Compacteurs à choc: Ils sont des "rouleaux" non circulaires, à des niveaux d'énergie relativement élevés, typiquement à trois, quatre ou cinq côtés. Des tracteurs à grandes roues sont employés pour remorquer les compacteurs à des vitesses opérationnelles de 12-15 Km/heure, produisant une série de chocs de haute amplitude/haut impact qui sont transmis au sol à une fréquence relativement faible (90-130 coups par minute), l'énergie par coup variant entre 10 et 25 kilojoules, suivant la masse et l'amplitude du compacteur.

A cause de leur *densité d'énergie* par coup, l'avantage principal de ces compacteurs sur le matériel conventionnel de compactage est leur efficacité à profondeur, typiquement à l'ordre d'un mètre de la profondeur des assises de remblai ou in situ, ainsi résultant en des assises profondes, bien équilibrées et relativement raides dans la chaussée. Ces rouleaux sont très convenables pour la densification des sols effondrants. Ils ont été utilisés dans des systèmes routiers économiques et, lorsqu'on les spécifie convenablement, ils représentent une option coût efficace pour la construction des RRFVC⁸.

Sélection de Matériel de Compactage

La Figure 6.2 offre une indication générale à la sélection du matériel de compactage.

Chaque genre de rouleau a été placé dans sa zone économique de mise en application. Cependant, il n'est pas rare de les trouver en opération hors de leurs zones. De plus, le placement exact des zones peut varier selon les conditions différentes matérielles.

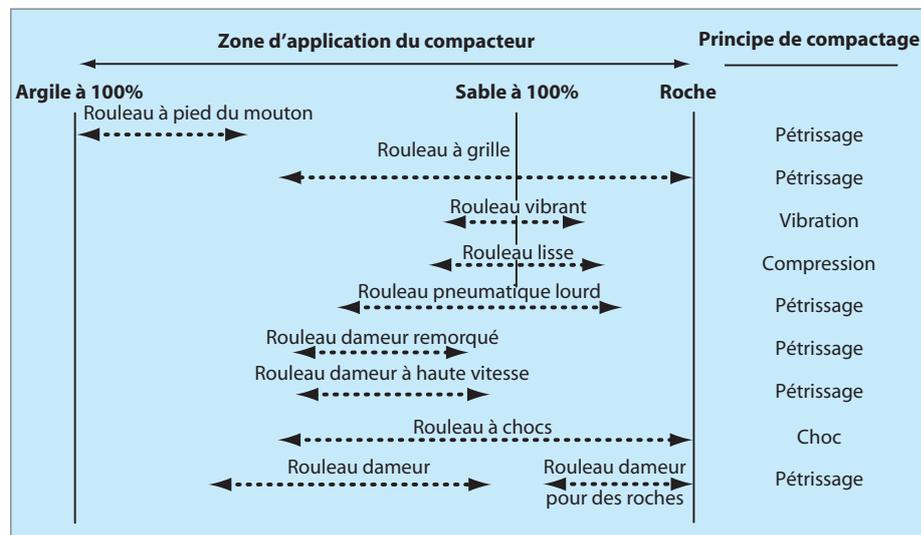


Figure 6.2 - Guide à la sélection du matériel de compactage⁹

La mesure à laquelle les sols et les graviers naturels peuvent être utilisés dans la construction des RRFVC, en place des matériaux traités plus coûteux, déterminera le succès du projet en termes des économies tant de construction que d'entretien.



Une épaisseur importante du sol végétal parfois empêche l'emploi de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre pour l'obtention des matériaux graveleux (L'exemple ci-dessus provient de la construction d'une RRFVC où l'épaisseur du sol végétale excédait 2m.)

6.4 Utilisation de sols et de graviers naturels

6.4.1 Considérations générales

Ressources en gravier naturel

Dans des régions où il y a des ressources en gravier naturel et en sols pour la construction des routes, ces matériaux constituent les ressources les plus valables pour la construction des RRFVC. Ainsi, tout effort devrait être fait pour les utiliser d'une façon créative – un défi qui a eu du succès signifiant dans la région de la CDAA. Cependant, ceci a nécessité de prêter attention particulière aux méthodes de construction.

FCM

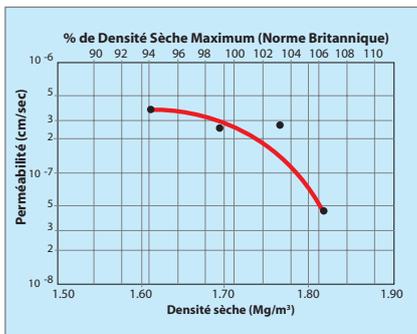
Cadre 6.6 – Des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre dans l'exploitation d'emprunts

Des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre dans l'exploitation d'emprunts peuvent être employé pour l'opération combinée de stockage/chargement dans des emprunts sans terre végétale et où la terre ne nécessite pas le déchirement. Des opérations à fort coefficient de main-d'œuvre peuvent aussi être viables pendant des opérations combinées où on se sert de matériel lourd pour l'enlèvement du sol végétal et où le chargement est réalisé avec du travail manuel. Là où les buteurs ont enlevé le sol végétal, il serait avantageux de laisser les mêmes machines scarifier le gravier et, peut-être, entreprendre le stockage avant le chargement à main.

Compactage

Le compactage est un aspect vital et intégral de la construction des RRFVC qui résulte en des améliorations générales des propriétés du sol et de son comportement comme une couche de soutènement de la chaussée. Une sous-couche bien compactée possède de résistance, de raideur et de capacité portante accrues, est plus résistante à l'imprégnation par l'eau et moins sensible à de tassement différentiel.

Un des aspects cruciaux de l'emploi de graviers naturels est la maximisation de leur résistance et capacité portante par compactage efficace. Ceci peut se réaliser, pas nécessairement par le compactage à un niveau prédéterminé de compaction relative, mais par le compactage au niveau le plus haut possible de densité sans détérioration signifiante de la résistance des particules ("compactage au refus"). Il résulte en des accroissements signifiants de densité, de résistance et de raideur, dont les avantages généralement l'emportent sur les coûts des passages additionnels du rouleau.



Le rapport perméabilité/densité sèche pour un gravier latéritique (Kenya) ¹⁰.

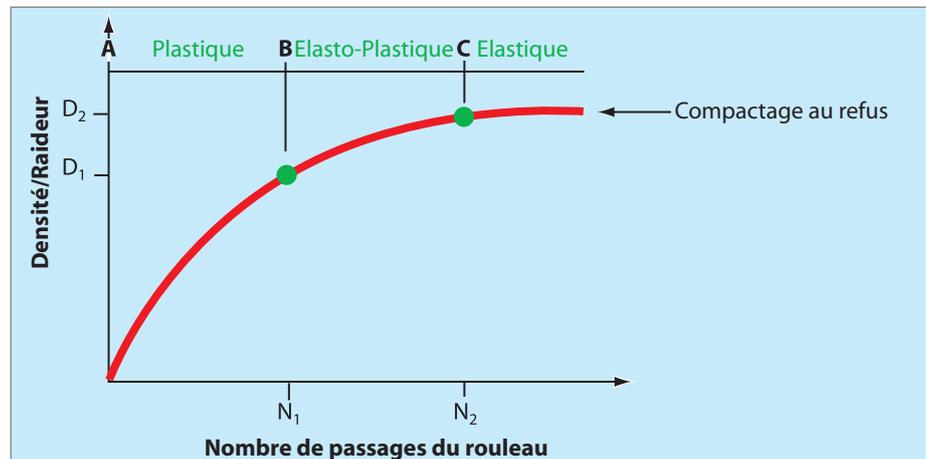


Figure 6.3 - Schématique du concept de "compactage au refus"

Le compactage au refus assure que le sol a été compacté à son état de presque élasticité, comme indiqué dans la Figure 6.3, avec l'avantage important d'une réduction de perméabilité et, en conséquence, de la diminution de son susceptibilité à l'entrée de l'eau.

En générale, l'efficacité du processus de compactage dépend de trois facteurs importants intimement reliés, à savoir:

- La teneur en eau du sol pendant le compactage
- Le genre de sol
- Le genre et niveau de l'effort de compaction.

La teneur maximum en eau permmissible pendant le compactage devrait être spécifiée et toutes les mesures appropriées pour le drainage superficiel et du sous-sol (là où il est nécessaire) devraient être prises dans tout projet de construction routière afin d'assurer le comportement optimal de la route.

Les différents genres de sol réagissent à l'effort de compactage en différentes façons. Ainsi, il est important d'assurer que le matériel de compactage utilisé est approprié pour le genre de sol compacté et le but cherché. Par exemple, le compactage des sables ou des sols sableux est plus efficace avec l'emploi des rouleaux vibrants à haute fréquence, tandis que le compactage des sols cohérents est plus efficace avec l'utilisation de matériel de compactage à pression statique et amplitude élevée. De plus, si le compactage de la couche de base est exigé afin de résulter en une bonne qualité de roulement, il est peu probable que ce sera réalisé avec l'emploi d'un rouleau lourd qui compacte à une grande profondeur et, en le faisant, perturbe la surface.



Des procédés de bon gestion qui empêcheront le rejet de matériau sur la route engendreront de confiance dans le système d'assurance de qualité et aboutiront à une réduction importante du risque d'improvisations et de pratiques néfastes.

Il est important d'assurer que le rejet ou l'accepte de matériaux est réalisé à la source et pas après le transport des matériaux à la route.

6.4.2 Gestion des Matériaux¹⁰

La gestion correcte des sources de matériaux est indispensable pour assurer que les qualités les plus hautes des matériaux sont utilisées dans les assises supérieures de la structure de la chaussée. Les efforts faits pour trouver la qualité la plus haute des matériaux qui se trouvent dans la région – et qui sont souvent peu abondants – seront sans effet si ces matériaux se retrouvent dans les assises des terrassements. La bonne gestion des ressources en matériaux est donc une opération cruciale dans la construction des RRFVC.

Cadre 6.7 - Procédé de Gestion de Matériaux

Le stockage est une partie importante de la gestion de matériaux, en favorisant la sélection appropriée de matériaux ainsi qu'en donnant les opportunités de mélanger les matériaux et de tester les matériaux avant leur transport sur la route. La menace la plus grande à la bonne gestion des matériaux se trouve quand les opérations d'emprunt ne sont pas suffisamment à l'avance de la construction.

Il y a beaucoup d'expérience pour montrer que la suite suivante de procédés assurera la bonne gestion des ressources en matériaux:

- Enquête initiale des sources de matériau par le forage de puits d'essai
- Le marquage clair des réserves
- Affectation des matériaux à des assises spécifiques dans des sections spécifiques de la route après l'achèvement des haldes de matériaux
- Des essais de laboratoire devraient être réalisés si possible
- Chargement des haldes de matériaux suivant leur affectation, pour leur transport au chantier.

Le procédé présenté dans le Cadre 6.7 nécessite la disponibilité de matériel suffisant pour l'ouverture des emprunts afin d'éviter que les demandes de construction dépassent la fourniture de matériaux des emprunts. Dans les cas où l'ouverture des emprunts ne peut pas rester à l'avance de la construction il y a un risque considérable que les matériaux sélectionnés pour la couche de base se trouveront dans les assises inférieures de la chaussée, résultant en des pressions sur l'approvisionnement de matériau quand on a besoin de matériaux de couche de base à une stade ultérieure.

6.4.3 Emprunts et la Communauté

L'exploitation des emprunts aura toujours un effet néfaste sur les régions avoisinantes et sur l'environnement dans son ensemble. Des opérations dans les emprunts ont des désavantages environnementaux, tels que la pollution temporaire de bruit et de poussière, et elles créent des problèmes de sécurité routière et d'autres hasards pour le bétail et les humains. Quelques effets peuvent y rester après la construction est complète, tels que des changements permanents à la topographie et la perturbation des terres de couverture. Le Plan de la Gestion de l'Environnement, qui devrait être élaboré conjointement avec la communauté, indiquera les procédés agréés de l'ouverture et du rétablissement des emprunts.

Désirs de la Communauté

Les désirs de la communauté varieront suivant leurs besoins dans la région particulière et peut comprendre un ou plusieurs de ce qui suit:

- La mise à disposition d'accès futur à des matériaux d'emprunt pour l'utilisation par la communauté
- L'emploi du creux pour le ramassage de l'eau, ce qui nécessite parfois la construction d'une enceinte où la construction de pentes d'au moins 1:3 pour la sécurité des gens ainsi que de protéger le bétail contre la noyade
- Le nivellement de la région afin d'empêcher la collection d'eau qui pourrait aboutir à la reproduction des moustiques et aussi à des maladies d'origine hydrique
- L'emploi du creux comme site d'enfouissement des déchets, toujours nécessitant des précautions spéciales contre la pollution
- Le rétablissement de la région pour des buts agricoles, ce qui nécessitera le remplacement de la terre végétale qui devrait être auto-drainante
- Le rétablissement et l'aménagement de la région pour des buts de construction ou de loisirs.

Il est à noter que la perception chez le public des avantages de laisser les emprunts ouverts est souvent exagérée et, en principe, les emprunts devraient être rétablis. Avant que les décisions sur l'emploi futur d'un emprunt soient finalisées, il faudrait rendre la communauté consciente des désavantages de laisser les emprunts ouverts.

Rétablissement des emprunts

L'étendu du travail requis pour satisfaire les souhaits de la communauté dépendra des exigences de chaque cas individuel. Dans des cas où il n'y a aucune norme particulière, on devrait effectuer le rétablissement comme décrit dans le Cadre 6.8. La condition de toutes les régions utilisées pour des routes de desserte devrait être évaluée tout comme les emprunts.

Le remblaiement en arrière des emprunts, c à d, le remplacement du matériau de l'emprunt, n'est viable que si le matériau de remblaiement est:

- Matériau de déblais, ou
- Provient d'une source où des excavations apportent beaucoup moins de désavantages que dans la région de l'emprunt. Il est probable que cette méthode sera très coûteuse.



Opérations de rétablissement dans un emprunt.



Des animaux fouisseurs, tels que les termites, peuvent occasionner du dommage aux assises de chaussée si leurs nids ne sont pas enlevés et empoisonnés comme il faut avec des pesticides approuvés pendant le défrichage et le désouchage.

On a fait des recherches pour déterminer s'il est possible de compacter des remblais dans des régions sèches sans l'adjonction coûteuse d'eau. Bien qu'il est possible, ce pratique pourrait résulter en une assise compactée à une teneur élevée en vides et en la risque de tassement ultérieur si de l'eau pénètre les matériaux de remblai.

Cadre 6.8 - Procédé générale de rétablissement des emprunts

Le procédé simple suivant minimisera les restreints que l'activité de construction a placés sur l'utilisation future de la terre:

- Profilez les remblais et les banquettes à une pente (d'un maximum de 1:3) qui normalement se trouve dans le paysage
- Répandez la terre végétale uniment dans l'emprunt afin de promouvoir la pousse de la végétation
- Assurez que la région est auto-drainante.

Avant le rétablissement d'un emprunt, il faut évaluer le besoin de matériaux pour l'entretien futur des routes et stocker des quantités appropriées de gravier à cette fin.

6.4.4 Débroussaillage, Désouchage et Enlèvement de Terre végétale

Il est particulièrement important de prendre compte des aspects environnementaux aux premières étapes de la construction pour que des opérations sensibles, telles que le défrichage et le désouchage, soient réalisées le plus soigneusement possible. Il est important que tout dommage à la couverture végétale soit minimisé, que le déplacement du sol et le dommage résultant de l'érosion soient évités et que toute mesure d'atténuation prescrite dans l'Évaluation de l'Impact Environnemental soit respectée. Tout le sol végétale qui est enlevé devrait être stocké pour l'utilisation dans des zones en train d'être rétablies pour des buts agricoles ou pour promouvoir la végétation. On devrait se débarrasser de la végétation enlevée d'une manière qui serait avantageuse pour la communauté, par ex. comme de bois de chauffage.

Cadre 6.9. - Le défrichage et désouchage à travail manuel

FCM

Le défrichage et désouchage sont convenables au premier degré pour des opérations à fort coefficient de main-d'œuvre, où la vitesse requise de construction et la disponibilité de main-d'œuvre le rendent possible.

Il se peut que des ouvriers éprouvent des problèmes en réalisant le résultat voulu comme décrit dans les spécifications, à cause du besoin de rippage, la profondeur du désouchage, la grandeur des racines etc. Dans tels cas il est conseillé de revoir les spécifications à la lumière des conditions d'utilisation exigées d'une route à faibles volumes de circulation et de s'assurer s'il y a vraiment un risque réel de dommage de la chaussée résultant des normes réduites de désouchage, par comparaison avec les spécifications actuelles.

6.4.5 Construction de terrassements

Les techniques et méthodes de réalisation des opérations de terrassement dépendent largement du matériel disponible et des compétences et expérience opérationnelles du personnel de chantier. La Section 6.4 donne une indication des avantages et désavantages des divers genres de matériel disponibles pour des opérations de terrassement.

Pendant le compactage des terrassements il peut être difficile de régler la teneur en eau in situ avant la compaction, surtout lorsqu'on utilise des matériaux argileux où la répartition régulière de l'eau dans le matériau est difficile à réaliser. Le mélange de l'eau dans des tels matériaux exige beaucoup d'effort et n'est pas très efficace. La possibilité de régler les teneurs en eau des terrassements est particulièrement difficile dans des régions à climat humide, tandis que dans les régions plus sèches il est possible de sécher des matériaux qui sont trop mouillés. Le minutage soigneux des terrassements, là où il est possible, peut, dans une certaine mesure, alléger le problème.

Cadre 6.10. - Des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre dans des terrassements

FCM

L'utilisation de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre n'est appropriée que là où les quantités sont modérées ou s'il y a une grande quantité de main-d'œuvre disponible pour ce travail.

Il y a des indications que la performance des couches de base de gravier naturel qui sont bien construites peut égaler ou surpasser celle des couches de base en des matériaux concassés de haute qualité, mais qui ne sont pas construites si bien.

Dans le cas de gravier naturel à teneurs élevées en fines, il est souvent beaucoup plus difficile de réaliser la densité voulue sur toute la profondeur de l'assise que de la réaliser avec des matériaux granuleux à bonne granulométrie. Ceci souvent appuie sur des techniques spéciales, telles que l'utilisation de rouleaux à grille pour obtenir de bons résultats – voir Section 6.3.4.



En gros plan.

L'utilisation de matériel de mélange, tels que des laboureuses ou de grandes herses à disque, apporte une diminution importante du temps requis pour le mélange de l'eau avec le matériau, par comparaison avec le mélange à lame d'une niveleuse, surtout là où des graviers à granulométrie relativement médiocre et à teneurs élevées en fines sont utilisés.

6.4.6 Construction des assises de chaussée

Utilisation de Graviers Naturels

L'utilisation optimale de matériaux naturels est un défi qui est affronté continuellement pendant la construction des assises de chaussée dans des RRFVC. Cependant, dépendant des conditions locales, il peut être parfois nécessaire d'avoir recours au traitement de ces graviers naturels par concassage/criblage ou par stabilisation. Des graviers naturels offrent des niveaux de performance qui sont directement liés à des méthodes heureuses de construction et d'exécution. Les aspects de construction qui exigent de l'attention particulière sont:

- Des graviers naturels à teneurs élevées en fines ou en particules argileuses gagnent leur résistance en conséquence de l'aspiration qui suit le dessèchement, plutôt que du frottement entre les particules. Ceci implique que le régime d'humidité en service de la chaussée, réalisé par le moyen de mesures appropriées de drainage interne est d'une importance primordiale pour le comportement de l'assise.
- Une teneur correcte en eau (qui dépend du matériau, mais cependant est juste inférieure à la teneur optimum en eau) et la réalisation de la densité spécifiée de différentes assises sont indispensables.
- Dépendant du matériel de construction utilisé, un bon fini superficiel est parfois difficile à réaliser. Il est indispensable que la couche de base a un fini superficiel lisse et dense avant l'application de l'enduit de scellement afin d'assurer qu'il y a un bon lien entre la couche de base et l'enduit bitumineux de scellement, de même que pour la bonne performance ultérieure de la chaussée.
- Des matériaux naturels souvent comprennent des particules faibles plus grandes et, lorsque ces matériaux sont compactés, ces grandes particules peuvent être concassées, résultant en un changement des propriétés du matériau dans son ensemble. Une évaluation des conséquences de ce procès de traitement est donc requise afin d'établir si le matériau conforme ou non après la construction aux exigences spécifiées.

De l'eau de Compactage des Assises de Chaussée

L'expérience avec les matériaux de la région a montré que le mélange profonde de l'eau avec le sol ou gravier sur la largeur et profondeur totales de l'assise à la teneur optimum en eau est indispensable pour la réalisation de la densité voulue et d'un fini superficiel régulier. La teneur optimum en eau pour le niveau approprié de compactage déterminé dans la laboratoire est une bonne guide de la quantité d'eau requise dans le procès de compactage sur chantier, bien que le matériel moderne de compactage normalement a besoin d'une teneur en eau moins élevée que la teneur en eau optimum indiquée à partir des méthodes de compactage dans la laboratoire.

Cadre 6.11 - La mélange efficace de l'eau dans le matériau

Il est souvent beaucoup plus difficile de réaliser la densité voulue à la profondeur totale de l'assise pour des graviers naturels à des teneurs élevées en fines que pour des matériaux granuleux à bonne granulométrie. La mélange efficace est donc d'importance particulière lorsqu'on utilise ces matériaux.

Bien que des graviers naturels doivent être à une teneur en eau près de saturation pour la réalisation d'un compactage efficace, il est aussi la bonne pratique de permettre une quantité importante de dessèchement de se produire avant la réalisation de l'enduit de scellement. Ceci est particulièrement avantageux avec des matériaux à grains fins qui dépendent de l'aspiration et de cohésion comme leur source dominante de résistance au cisaillement.

L'expérience a montré que la défaillance prématurée et rapide de l'assise la plus haute de la couche de base peut être liée au fini médiocre de cette assise avec la perte consécutive de son lien avec le revêtement.

La finition des couches de base

Si les opérations de mélange, répançage et compaction ne sont pas réalisées avant que le dessèchement de la surface a eu lieu, une assise supérieure inconsistante (assise à biscuit) se produira. Si ceci arrive, le revêtement bitumineux n'aura pas une surface dure à laquelle il peut adhérer, résultant en des défaillances des couches de base à cause du cisaillement provoqué par les charges à roue. Il se peut que ces défaillances semblent être le résultat de la résistance inadéquate du matériau, mais des examens des rapports de construction et l'évidence de bonne performance des couches de base en matériaux de qualité plus faible, dans de pareilles conditions, indiquent que la finition des couches de base est primordiale et décisive pour la bonne performance des RRFVC.

Cadre 6.12 - Le nivellement final des couches de base

Une opération cruciale qui touche à la performance ultérieure des RRFVC est le nivellement final des couches de base. Des essais d'effectuer des modifications mineures sur la surface ne devraient pas être permis. Le nivellement final devrait être limité au découpage des zones trop élevées et non au remplissage de zones basses. Ainsi, il est beaucoup mieux d'effectuer des corrections des niveaux géométriques dans la couche de fondation, où le fini de surface n'est pas crucial. Puis, on peut réaliser la construction de la couche de base "à la vue" et avec le contrôle normal de l'épaisseur. Il est fortement recommandé *de réaliser le nivellement final de couches de base en gravier naturel à la vue* plutôt que par l'adhérence aux niveaux géométriques établis sur chantier.

La Figure 6.4 indique un procédé recommandé de finition des couches de base en gravier naturel. L'avantage de cette méthode est l'accélération du traitement de la couche de base pour empêcher le dessèchement de la surface, tout en assurant que l'attention totale est prêtée à la réalisation d'un bon fini superficiel plutôt qu'au traitement d'irrégularités mineurs dans les niveaux géométriques. Le dressage de la surface devrait être limité au découpage du gravier et à son enlèvement à des déblais latéraux ou pour l'utilisation dans des sections ultérieures. Le répançage de matériau meuble au dessus de la surface dans une assise mince est inadmissible parce qu'il est probable qu'il empêchera un fini ferme de l'assise, ce qui inhibera le lien avec le revêtement bitumineux.



FCM

Dans la plupart des cas, l'enlèvement de refus est mieux réalisé avec l'emploi de main-d'œuvre.

Cadre 6.13 - Construction d'une chaussée avec des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre.

FCM

Des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre de construction des assises de chaussée ont des degrés variés de potentiel, dépendant du genre de l'assise à construire. Certains genres de chaussée et de revêtement sont plus faciles pour la main-d'œuvre en ce qui concerne leur construction.

- Le macadam d'imprégnation peut être construit entièrement avec des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, y compris la production de matériaux à des sources de roches dures.
- Des matériaux granuleux, y compris le gravier naturel, peuvent être répançus, mélangés et nivelés par la main-d'œuvre. Le compactage peut être réalisé par des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, pourvu que la méthode soit appropriée pour remplir les besoins d'une route revêtue.
- Une qualité améliorée de roulement est réalisée si une niveleuse à moteur est utilisée pour le nivellement final.



En enlevant le patron laissé par les rouleaux à grille dans la surface de la couche de base, il est important d'assurer que toutes les stries laissées par le traînage sont remplies immédiatement et avant la mise en œuvre des rouleaux lisses.

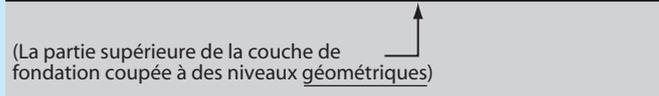
L'adjonction du sable de Kalahari au calcrète peut réaliser des améliorations potentielles, en diminuant la plasticité, améliorant la stabilité, diminuant les effets nuisibles des teneurs en sel soluble dans le calcrète et en améliorant la maniabilité pour réaliser la densité voulue.

Etape A:

Le patron sur la surface de la couche de base après l'utilisation des rouleaux à grille pour réaliser l'épaisseur totale de la couche de base en plusieurs assises minces.



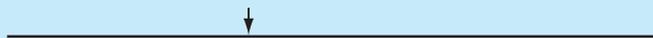
Le matériau de la couche de base déposé, mélangé et compacté «à la vue» à une épaisseur finale régulière de la couche, consistant en beaucoup d'assises minces compactées par des rouleaux à grille).



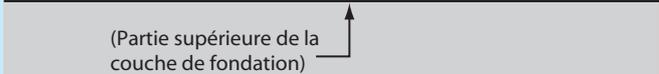
(La partie supérieure de la couche de fondation coupée à des niveaux géométriques)

Etape B:

La couche de base coupée à son niveau final par le dressage du patron laissé par le rouleau à grille, à la vue, quand le matériau est encore humide. Le remplissage des creux n'est pas permis. Si la surface s'est desséchée, il faut effectuer un arrosage léger de l'eau et puis employer des rouleaux lisses vibrants pour le compactage final. Des rouleaux pneumatiques pourraient être requis dans les étapes finales pour réaliser une surface dense.



(Couche de base)



(Partie supérieure de la couche de fondation)

Figure 6.4 - Schématique du procédé de finition des couches de base en gravier naturel

6.4.7 Comment faire face à la Variabilité

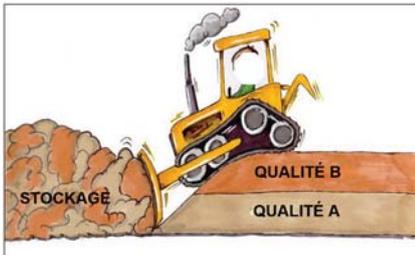
Utilisation des Sources locales de Matériau

Le mélange de deux matériaux différents pour arriver à une qualité qui dépasse celles des deux matériels tout seul est la méthode la plus commune – et probablement une des meilleures méthodes – d'améliorer les propriétés mécaniques des graviers naturels. Le mélange de matériaux à granulométrie fine avec ceux qui manquent de fines, tels que certains tufs volcaniques, peut résulter en un matériau avec moins de potentiel de décomposer sous compactage, avec une densité accrue à cause de la granulométrie améliorée et avec de stabilité et maniabilité améliorées.

L'adjonction de sable, jusqu'à la proportion non excédant un tiers de la quantité totale du matériau a rendu des avantages, sans effets néfastes. Cependant, la proportion optimale dépend des propriétés des matériaux. Des études simples de laboratoire et des essais sur chantier (sections d'épreuve) sont requis pour chaque cas individuel.

Cadre 6.14 - L'utilisation optimale des graviers naturels

L'utilisation optimale de matériaux locaux nécessite des solutions innovatrices d'ingénierie afin d'obtenir la performance optimum des ressources disponibles. Le mélange mécanique est souvent la meilleure possibilité de faire accroître la quantité de matériau de qualité acceptable ou d'améliorer la qualité du matériau final.



Lorsqu'on mélange des matériaux dans un emprunt, les proportions seront généralement moins exactes que celles des matériaux mélangés sur la route. Cette méthode de mélange des matériaux n'est pas conseillée.

Le stockage séparé d'avance est nécessaire pour le contrôle des propriétés des matériaux individuels à mélanger ainsi que de la qualité du mélange final.



Le mélange de différents genres de matériau nécessite qu'on prête attention particulière au mélange à la profondeur totale du matériau déchargé sur la route, en le mélangeant comme il faut et en ajoutant de l'eau à la même fois.

Le mélange par des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre normalement aboutit à du mélange efficace. Là où les quantités sont modérées, cette méthode peut être un alternatif viable au mélange à l'équipement.

Des accotements non scellés mettent des demandes particulières sur le genre de matériaux graveleux utilisés, parce qu'ils doivent être durables quand ils sont exposés. Le dimensionnement de ce genre de route peut donc compliquer les opérations en nécessitant la construction séparée des accotements et de la chaussée.

Le mélange pendant le stockage est une option satisfaisante lorsqu'on peut réaliser ce procès en creusant à travers deux gisements graveleux des matériaux à mélanger. Les bouteurs ne sont pas bien adaptés à ce but et le stockage des matériaux en hauts cônes ne rend pas des résultats satisfaisants. La construction de remblais de stockage en assises et le chargement ultérieur des matériaux en une façon ou séquence spéciale est faisable mais nécessitera un contrôle très rigoureux des opérations d'emprunt. Les résultats les plus satisfaisants sont réalisés par le mélange sur la route.

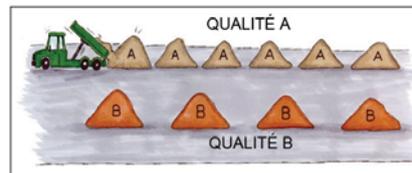
Technique de mélange sur la route

Quand deux genres de matériaux sont mélangés sur la route, des niveleuses à moteur devraient être utilisées en association avec des herse à disque, s'ils sont disponibles, afin de réaliser un mélange homogène. La méthode est de décharger le gravier A sur la route dans la quantité voulue, d'aplatir les tas et de répandre le matériau sur une moitié de la largeur de la couche de base. Puis il faut décharger le gravier B au dessus du matériau répandu A et le répandre sur la même mi-largeur. Le mélange se produit comme normal, avec le nivellement des deux matériaux A et B. (Voir la Figure 6.5.)

Etape A: Stockage séparé



Etape B: Décharge contrôlée sur la route



Etape B (alt.): Décharge contrôlée sur la route

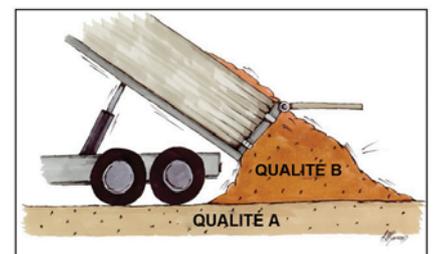


Figure 6.5 - Illustration de deux techniques alternatives de mélange sur la route

6.4.8 Construction des Accotements

Général

En plus des avantages pour l'entretien et la sécurité de circulation à gagner à partir du scellement des accotements, il y a aussi des avantages liés à la portance de la chaussée. Des accotements scellés diminuent le risque de l'entrée de l'eau dans les assises de la chaussée, résultant en un environnement routier plus sec, surtout près de et sous le marge extérieure de la surface de roulement.

Cadre 6.15 - Construction simplifiée avec d'accotements scellés

La construction d'accotements scellés avec le même matériau que celui utilisé dans la couche de base est l'option préférée. Il est généralement nécessaire qu'il y ait une différence importante entre les coûts des matériaux pour la chaussée et ceux des accotements pour justifier l'utilisation de deux matériaux différents dans ces deux composants. Il peut être justifié là où des matériaux de couche de base de haute qualité sont utilisés, mais il est peu probable que ce serait le cas chez les RRFVC.

Un nombre croissant de pays dans la région de la CDAА sont en train d'entreprendre le scellement des accotements sur des routes qui avaient été construites originalement avec des accotements en gravier. Ceci est difficile du point de vue de l'opération et il y a des aspects cruciaux en ce qui concerne les techniques de construction susceptibles de déterminer la réussite de tels programmes. Il faut prêter attention particulière à ce qui suit:

- La perméabilité des matériaux dans l'accotement revêtu devrait être au moins égal à la perméabilité des matériaux dans la couche de base avoisinante. Si ceci n'est pas possible, des filtres convenables devraient être incorporés dans l'accotement afin d'empêcher la collecte de l'eau dans la couche de base.
- Un joint bien compacté ne peut se réaliser que si le joint entre le revêtement et l'accotement neuf est coupé à droit et propre avant le placement de nouveaux matériaux.
- Les accotements devraient avoir une largeur d'au moins 2,5 m afin de permettre une niveleuse à moteur de mélanger et placer le gravier d'accotement, ainsi que d'accommoder la largeur des camions-citernes et le matériel de compactage. La largeur supplémentaire peut, s'il est nécessaire, être enlevée à l'achèvement des travaux d'assise des accotements.
- Les accotements devraient être finis et compactés à un niveau au moins 10 mm plus haut que la base avoisinante, et puis coupés à niveau comme indiqué dans la Figure 6.6. Autrement il sera impossible de réaliser la compaction correcte et une surface ferme.
- Là où l'élargissement du prisme routier est nécessaire, les remblais des terrassements devraient être construits en banquettes et compactés séparément afin d'éviter du dommage à la chaussée en conséquence de tassement différentiel.



Le sablage des enduits de scellement des accotements avec un enduit bitumineux à sable est souvent une méthode appropriée de:

- Arrêter la perte des agrégats
- Fournir une bonne surface pour des piétons et des bicyclettes
- Créer le contraste visuel voulu pour la chaussée.

Le marquage des rives de la surface de roulement à une bande de peinture est aussi souhaitable si les ressources existent pour le réaliser.

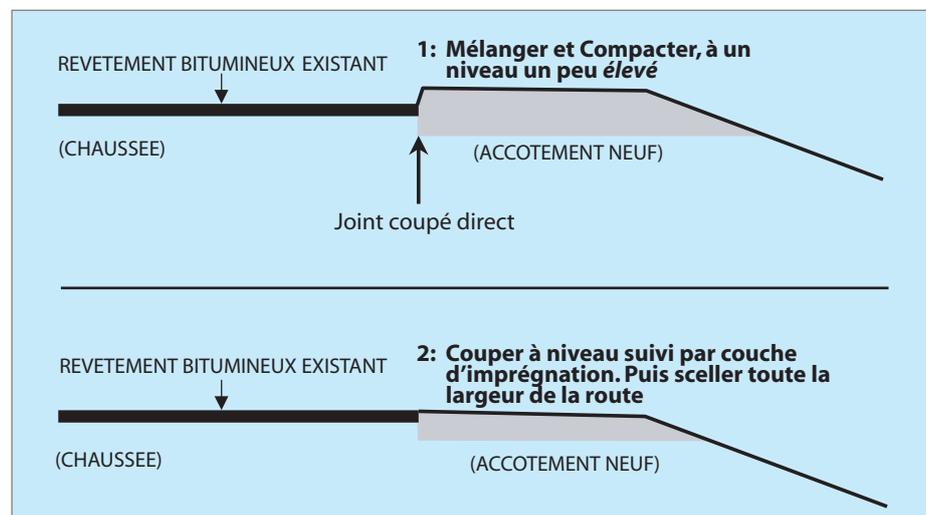


Figure 6.6 - Construction d'accotements scellés pour des routes bitumineuses existantes originalement construites avec des accotements non scellés

Enduits des accotements

Les enduits sur des accotements devraient avoir une teneur en bitume plus élevée que ceux sur la chaussée, à moins qu'on s'attende que les accotements seront soumis régulièrement à la circulation véhiculaire, par ex. dans des agglomérations. Ceci peut être réalisé sans des dosages accrus, par l'utilisation d'agrégats plus petits que ceux utilisés dans la chaussée.

Le dimensionnement et la sélection d'un genre approprié d'enduit de scellement est couvert à fond dans le Chapitre 5: Dimensionnement de la Chaussée, Matériaux et Revêtement.



FCM

Des enduits à sable ont besoin de niveaux de compétence et de la qualité des matériaux plus bas que ceux requis par les enduits à gravillons ou les enduits du Cap. S'ils sont construits au-dessus des enduits Otta, il se peut que le sable local le long de la route ait une qualité adéquate pour l'enduit à sable.

6.5 Construction d'Enduits de Scellement

6.5.1 Sélection du Genre d'Enduit et des Matériaux

Les décisions sur l'utilisation des sources d'agrégat pour des revêtements bitumineux souvent nécessitent de révision à l'étape de construction comme conséquence de la connaissance accrue concernant les sources disponibles de matériaux pendant le procès de construction¹⁰. Ceci est particulièrement pertinent aux RRFVC parce que:

- Une gamme large de types et qualités d'agrégat peut être utilisée pour le revêtement bitumineux
- Des études de chantier à l'étape de dimensionnement tendent à se concentrer sur l'identification de matériaux en masse pour les assises de chaussée. Pendant la construction et quand les matériaux sont extraits pour les assises de chaussée, il arrive parfois que des sources de matériaux de revêtement de qualité supérieure sont découvertes, qui n'étaient pas trouvées pendant l'étape de dimensionnement.

Cadre 6.16 - Utilisation des sources locales de matériaux pour des enduits bitumineux de scellement

Le personnel de chantier devrait se familiariser avec la gamme large de genres d'enduits et des agrégats convenables aux RRFVC et avec les possibilités de l'emploi des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre dans la production de l'agrégat et dans la construction de l'enduit de scellement. L'incapacité d'utiliser entièrement les sources locales disponibles dans la construction d'enduits de scellement économiques mais durables résulte en des opportunités perdues de réaliser des économies de construction.

6.5.2 Ressources requises sur Chantier

Comme indiqué dans le Tableau 6.1, chacun des divers genres de revêtement a des besoins différents en ce qui concerne les ressources nécessaires sur chantier pour la réalisation d'un résultat final satisfaisant. Il est important de respecter ces besoins lorsqu'on fixe un enduit de scellement approprié d'une RRFVC.

Tableau 6.1 - Données d'entrée requises pour la réalisation d'un enduit bitumineux de scellement satisfaisant

	Données d'entrée requises pour la réalisation d'un résultat satisfaisant (Bas - Modéré - Haut)				
	Enduit Superficiel	Enduit Otta	Enduit à sable	Coulis	Béton bitumineux ⁴⁾
Compétences	Modérés	Modérés	Bas	Modérés ³⁾	Non convenable
Matériel: Répandage	Modéré	Modéré	Bas	Bas	Non convenable
Matériel: Répandage du bitume¹⁾	Modéré	Modéré	Bas	Bas	Non convenable
Qualité des matériaux	Haute	Modérée	Basse ²⁾	Modérée/ Haute	Non convenable

1 Une répandeuse de bitume est requise pour la plupart des enduits répandus de scellement. Des répanduses manuelles représentent un alternatif, surtout quand on utilise des émulsions, mais les taux de répandage doivent être contrôlés. Le malaxage de coulis dans des bétonnières est préférable, même si le coulis est répandu manuellement. Des répanduses automoteurs de coulis peuvent améliorer l'efficacité mais à des coûts beaucoup plus élevés.

2 De sable grossier, souvent obtenu par le criblage, peut améliorer la qualité du matériau au "modérée" là où les enduits à sable sont utilisés tout seul comme des enduits permanents se scellement. Si les enduits à sable sont utilisés comme enduits de couverture, la qualité du matériau peut être réduite à "basse".

3 La sélection et le maniement des émulsions de bitume, y compris le dosage et la modification de la consistance, fait accroître le besoin des compétences de maniement. De formation est souvent requise.

4 Bien qu'on les a inclus pour la comparaison avec d'autres genres d'enduit de scellement, le revêtement avec du béton bitumineux est généralement limité à des zones à climat chaud et/ou à des terrains escarpés.



FCM

Une installation petite et simple pour le concassage/criblage peut être combinée avec des opérations à tracteur adaptées pour la main-d'œuvre.



Le répandage de l'agrégat pour des enduits superficiels à l'aide des gravillonneurs mécaniques.



Des teneurs élevées en poussière et fines dans l'agrégat sont plus cruciales pour la bonne performance d'un enduit superficiel que pour celle d'un enduit Otta.



Le balayage à balais remorqués est quelquefois utilisé afin d'améliorer la distribution des agrégats.



Roulage d'un enduit à sable.

6.5.3 Production d'Agrégat

Les opérations requises pour gagner et produire d'agrégat pour chaque genre de revêtement qu'on peut utiliser avec des RRFVC sont résumées dans le Tableau 6.2.

Tableau 6.2 - Production d'agrégat pour des revêtements bitumineux

Genre d'enduit	Genre d'agrégat	Gagne et production des matériaux
Enduit superficiel	Pierre ou roche concassée	Concassage et criblage.
Enduit Otta	Gravier (naturel ou concassé)	Stockage. Normalement le criblage est aussi requis.
Enduit à sable (utilisé tout seul)	Sable de rivière (on peut utiliser de farine de pierre, mais ceci peut être coûteuse)	Stockage (pendant que la rivière est encore sèche). Enlèvement de cailloux par criblage.
Enduit sableux de couverture (au dessus d'enduits Otta)	Tout sable non plastique	Stockage s'il n'y a pas de sable disponible le long de la route.
Coulis	Farine de pierre	Concassage et criblage.

6.5.4 Procédés de Construction

Tous les genres de revêtements répandus, tels que les enduits superficiels, les enduits Otta et les enduits à sable, suivent un procédé similaire de construction:

- 1 Application de la couche d'imprégnation à la base (ceci peut être parfois omis).
- 2 Rectification de la couche de base (gravillonnage et épandage à main avec de l'émulsion) afin d'atténuer les ornières éventuelles créées par des pierres sous la lame de la niveleuse à moteur.
- 3 Epandage du liant bitumineux.
- 4 Répandage des gravillons.
- 5 Le gravillonnage nécessite une couverture uniforme des agrégats. Un balai remorqué peut faciliter ce procès sur de grandes superficies.
- 6 Le roulage à rouleaux pneumatiques est préférable, mais peut être également réalisé par la circulation véhiculaire.
- 7 Répétez les étapes 2 à 6 si une assise double est appliquée.
- 8 Une "régénération de la chaussée" en émulsion est parfois appliquée à des enduits à gravillons après être répandue afin d'améliorer l'adhérence des gravillons.

Dans des coulis, la farine de pierre, l'émulsion de bitume, de l'eau et du filler à ciment sont pré-malaxés soit avec une machine spécialisée de "malaxage et répandage" soit dans un bétonnière pour répandage à main avec des raclettes. Le malaxage à main est possible mais il n'est pas conseillé.

6.5.5 Facilité pour la Main-d'œuvre

Les divers genres de revêtement bitumineux convenables pour des RRFVC ont des degrés différents de convenance pour l'application à fort coefficient de main-d'œuvre. Le Tableau 6.3 donne une évaluation de la convenance de chaque genre de revêtement à l'emploi de main-d'œuvre pour la production de l'agrégat et la construction respectivement.

Tableau 6.3 - Facilité pour la main-d'œuvre de différents genres

FCM

Activité		Facilité pour des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre (Bonne – Modérée – Pauvre)				
		Enduit Superficiel 1)	Enduit Otta 2)	Enduit à sable 3)	Coulis 3)	Béton Bitumineux 4)
Production d'agrégat	Qualité	Pauvre	Bonne	Bonne	Bonne	Pauvre
	Rendement	Pauvre	Bon	Bon	Pauvre	Pauvre
Construction du revêtement	Qualité	Modérée	Bonne	Bonne	Bonne	Pauvre
	Rendement	Bon	Bon	Bon	Modérée	Pauvre

1 Le concassage à main de l'agrégat à partir de certains genres de roches pour des enduits superficiels tend à produire des gravillons écaillés.

2 Le refus et les fines peuvent être enlevés par le criblage à main de l'agrégat en gravier naturel à utiliser avec des enduits Otta.

3 Le rendement de la production commerciale de l'agrégat pour des coulis (farine de pierre) dépend entièrement de sa disponibilité sur le marché.

4 Bien qu'il soit compris parmi les autres genres d'enduits pour des buts de comparaison, ordinairement on ne mettrait pas de béton bitumineux sur une RRFVC.



FCM

Le criblage d'agrégats par des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre (un enduit Otta est illustré: des enduits à sable seraient pareils).



FCM

Le répandage de gravier avec des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre (enduit Otta) des tas placés le long de la route.

FCM

Cadre 6.17 - Des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre dans des opérations de revêtement

- La facilité d'application de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre pour la construction d'enduits dépend du genre de l'enduit. Cependant, en générale, tout genre d'enduit offre une grande gamme de possibilités d'utilisation avec des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, tant en ce qui concerne la production d'agrégat que la construction en chantier. Cependant, les taux uniformes d'épandage des liants requis pour des enduits à gravillons sont plus difficiles à réaliser avec des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre
- Là où des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre sont préférées, les genres d'enduit les plus convenables à ce genre de construction devrait recevoir de considération préférentielle. Il pourrait être nécessaire d'assurer de formation au personnel afin d'assurer que le produit fini sera de la qualité voulue.
- Tous les enduits, à l'exception du coulis, ont besoin de roulage et, en conséquence, ont besoin de quelque sorte d'équipement mécanique à ce but. Si les niveaux de circulation sont suffisamment hauts, il pourrait être possible de dépendre de la circulation pour le roulage, mais au risque d'un résultat inférieur, et il faut avoir un contrôle strict des vitesses.

6.6 Assurance et Contrôle de Qualité

6.6.1 Introduction

Le contrôle de qualité en soi ne crée pas une qualité plus haute, mais il est un des outils qui sont utilisés pour assurer qu'un produit de la qualité voulue est réalisé.



Le contrôle efficace de qualité des RRFVC n'exige pas nécessairement un programme approfondi d'essais de laboratoire.

L'assurance de qualité dans la construction routière comprend le système total au sein du chantier de construction qui assure la qualité finale correcte de la route et des structures associées. En plus du contrôle conventionnel sur chantier, l'assurance de qualité comprend les mesures appliquées à ce but par les entrepreneurs eux-mêmes pendant des opérations.

Le contrôle de qualité comprend des mises à l'essai de matériaux et de construction, tant en laboratoire que sur chantier, et constitue une partie du système d'assurance de qualité dans son ensemble. Les rapports conventionnels en ce qui concerne le contrat avec un organisme de supervision – souvent un consultant – contrôlant les travaux est un système assez répandu dans la région. Dans ces circonstances, le contrôle de qualité du produit fini est systématiquement compris dans des systèmes complexes et on s'en sert à bon effet sur des projets de construction routière. Il est généralement considéré nécessaire d'établir des services complets de laboratoire en chantier pour le contrôle de la qualité de travail et des matériaux. Les ressources disponibles pour telle mesure de contrôle sont souvent moins que celles requises pour les raisons suivantes:

- Les coûts des mesures de contrôle de qualité qui sont appliquées à des routes à plus grands niveaux de circulation représenteraient une proportion beaucoup plus grande des coûts de construction des RRFVC.
- Les entrepreneurs et les cabinets-conseils impliqués dans la construction des RRFVC sont souvent plus petits et possèdent moins de ressources que ceux qui sont impliqués régulièrement dans de plus grands projets.
- La construction des RRFVC est souvent exécutée comme des menus projets où la fourniture des facilités pour effectuer des essais en chantier est souvent non viable. Les distances aux services d'un laboratoire central pourraient aussi rendre cette possibilité irréalisable.

Cette section présente une approche conceptuelle pour assurer le niveau le plus haut d'assurance de qualité avec un niveau raisonnable de contrôle dans la construction des RRFVC. Le compromis inhérent de cette approche souvent nécessitera des solutions innovatrices et devra se concentrer sur le système d'assurance de qualité dans son ensemble pour réaliser les meilleurs résultats.

6.6.2 Méthodologie

Général

Puisque les ressources disponibles pour le contrôle de qualité dans la construction des RRFVC soient souvent limitées, il est important d'utiliser tout moyen disponible le plus efficacement possible et de combiner les méthodes conventionnelles de contrôle avec d'autres méthodes d'assurance de qualité.

Assurance de Qualité avec des Ressources Réduites

Des procédés d'assurance de qualité, où les systèmes de contrôle sont appliqués à des niveaux réduits comprennent:

- **Stockage** comme moyen de sélectionner les qualités et d'assurer la qualité connue des matériaux utilisés
- De bons procédés de **gestion** afin d'assurer que les matériaux sont utilisés le plus efficacement possible et d'éviter le rejet de matériaux après leur transport à la route



Le contrôle de la densité est important dans le calibrage des spécifications de méthode, mais des programmes approfondis d'essais ne sont pas toujours viables pour des RRFVC, à cause du manque de ressources.



La disponibilité d'arroseurs avec l'émulsion de bitume à tout moment pendant l'opération de revêtement pour la rectification de défauts mineurs constitue une partie de la bonne assurance de qualité.



Des mesures directes de résistance peuvent faciliter – mais ne peuvent pas remplacer – la gestion de matériaux ou l'observation visuelle des procédés du travail, qui sont les moyens les plus puissants d'assurance de la qualité.

- Utilisation systématique de **spécifications de méthode**
- **Contrôle par observation** des procédés de construction par un praticien expérimenté
- **Roulage épreuve** (par ex. par des camions chargés) pour évaluer la stabilité des assises avant de continuer avec la construction)
- L'emploi de méthodes de **mesure directe de résistance** par corrélation avec des paramètres connus (par ex. des méthodes de sondage telles que le PDC et d'autres)¹¹
- Des essais de laboratoire pour le “**calibrage**” des méthodes de spécification
- Des essais de sources typiques de matériaux pour le “**calibrage**” des observations visuelles.

Priorités dans le Contrôle de Qualité

Cadre 6.18 - Priorité optimum pour le contrôle de qualité

Les ressources affectées à l'assurance de qualité devraient être affectées où on peut tirer l'avantage maximum des efforts, c à d, où les avantages en termes de durée de vie de la structure ou de la durée de vie du revêtement sont les plus grands par rapport aux efforts faits dans le contrôle.

Le gravier naturel est ordinairement utilisé dans les couches de base des RRFVC, suivi par un enduit bitumineux mince. Ce genre de chaussée est sensible à toute irrégularité dans l'enduit, à l'interface entre l'enduit et la couche de base et dans la couche de base elle-même. Conceptuellement, lorsqu'on affecte des ressources pour l'assurance de qualité, la priorité devrait être comme celle indiquée dans le Tableau 6.4. Ce tableau montre les priorités sur la base de ce qui est possible du point de vue technique, par rapport à l'entrée des données de ressources disponibles pour le contrôle. Il ne prend pas compte des questions contractuelles ou institutionnelles. Ces aspects varient considérablement et nécessiteront des mesures diverses pour l'assurance optimale de qualité.

Tableau 6.4 - Priorité en contrôle de qualité

Priorité	Assise	Remarques
1	Revêtement bitumineux	<ul style="list-style-type: none"> Choix de matériel, choix de genre de matériau, évaluation visuelle et la mesure des taux de répandage sont de la plus haute importance. Seul l'équipement de laboratoire de base est indispensable pour le contrôle efficace pendant la réalisation.
2	Fini de la surface de la couche de base	<ul style="list-style-type: none"> Les assises "à biscuit" constituent une des raisons les plus répandues d'un produit inacceptable. On peut se servir d'un marteau/pioche géologique pour identifier tels défauts. L'évaluation visuelle et le choix de matériel et de la méthode de travail sont de la plus haute importance L'équipement de laboratoire n'est pas nécessaire pour le contrôle efficace pendant les opérations.
3	Qualité du matériau de la couche de base	<ul style="list-style-type: none"> Les essais de laboratoire, tant préalablement à et après la construction, en combinaison avec des essais indicateurs, ou des opérations pendant la construction, sont indispensables.
4	Contrôle de compaction de la couche de base	<ul style="list-style-type: none"> Des spécifications de méthode, le choix approprié de la méthode et du matériel, l'évaluation visuelle et le roulage de preuve, en combinaison avec des mises à essais régulières pour de "calibrage" sont nécessaires. L'étendu des essais requis pour les buts de "calibrage" devrait être adaptée aux conditions de chantier et aux ressources disponibles.
5	La couche de fondation et les terrassements	<ul style="list-style-type: none"> L'évaluation visuelle et les essais de laboratoire en avance de la construction font accroître la confiance dans la qualité du matériau. Des spécifications de méthode, le contrôle visuel, le roulage de preuve et le choix approprié de méthode et du matériel suffisent pour le contrôle de qualité de travail en chantier.



Le contrôle visuel de la répanduse de bitume et l'examen continu du travail sur chantier constituent des parties importantes des procédés de contrôle de qualité et peuvent réduire les défauts en enduits minces qui pourraient aboutir à la défaillance prématurée du revêtement.



Le contrôle visuel continu par du personnel expérimenté pendant l'opération entière pendant le traitement de la couche de base des RRFVC est indispensable. Le compactage inadéquat de graviers naturels est souvent imputable au malaxage pauvre, une teneur en eau insuffisante ou au répandage et compactage finaux de l'assise.

6.7 Drainage

6.7.1 Introduction

Le drainage est probablement le facteur dominant qui influence la performance d'une RRFVC. La défaillance de ces routes est souvent due à des défauts de drainage, résultant en l'entrée de l'eau dans la structure de la route, en dommage structurel et en des réparations coûteuses. De plus, de l'eau superficielle peut constituer un hazard pour la sécurité routière en occasionnant de l'aquaplanage des véhicules.

Malheureusement, beaucoup de RRFVC ont évolué sans dimensionnement initial adéquat d'ingénierie ou de drainage. Même avec des RRFVC qui ont été construites correctement, une visite en chantier est souvent nécessaire pour la rectification des conditions imprévues qui se sont produites pendant la construction même. Cette approche est plus coût-efficace que l'entretien ou la rectification de défauts après la route a été en service pendant plusieurs années.

Deux aspects interdépendants de drainage nécessitent de considération soignée pendant la construction, à savoir:

- *Le drainage interne* de la chaussée dont le but est d'éviter la rétention d'eau en le permettant de filtrer à travers la structure de la chaussée et de s'écouler
- *Le drainage externe* dont le but est de faire dériver l'eau de – et d'empêcher son entrée dans – la structure de la chaussée par le moyen de mesures telles que la construction d'accotements revêtus, de drains latéraux etc.

6.7.2 Drainage interne

Général

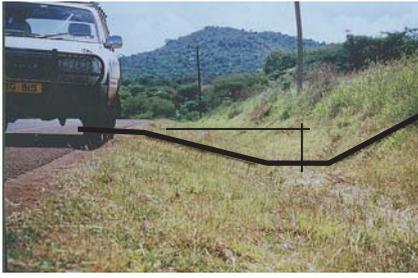
Le drainage interne implique des mesures de minimiser les teneurs en eau dans les remblais et les assises de chaussée et, plus important encore, d'empêcher le mouvement indésirable de l'eau au sein de la structure. Le drainage interne est indispensable pour la performance satisfaisante des terrassements et des assises de chaussée construits en sols naturels et en gravier, surtout ceux dans lesquels des matériaux à grains fins ou des matériaux plastiques, tels que ceux ordinairement utilisés dans des RRFVC¹², sont utilisés. (Voir Chapitre 5 pour de plus amples renseignements.)



Il est important de susciter une conscience chez le public afin d'empêcher des actions aboutissant au drainage détérioré de la chaussée.

Perméabilité des assises de chaussée

Si possible, chaque assise dans la chaussée et dans les terrassements devrait être plus perméable que l'assise sus-jacente afin d'empêcher la rétention de l'eau qui est entrée dans la structure. Il est souvent impossible de remplir ce besoin d'une façon consistante et la construction d'un devers transversal dans tous les terrassements et assises peut alléger ce problème (voir aussi Section 5.4.3 et Cadre 5.7). Dans des conditions sévères, surtout s'il existe le risque de l'infiltration d'eau dans la structure de chaussée, il faut prêter de considération à l'installation de systèmes de drainage de l'eau interstitielle ou, mieux encore, d'élever l'hauteur de la route dans ces zones.



Des recherches dans la région ont montré qu'une hauteur minimum de crête est un paramètre critique qui a une bonne corrélation avec la durée de vie des chaussées construites de matériaux à grains fins et/ou des matériaux légèrement plastiques. Une hauteur minimum de crête de 0,75 m est recommandée. Voir Chapitre 5 – Dimensionnement de Chaussées, Matériaux et Revêtement, Section 5.3.4.

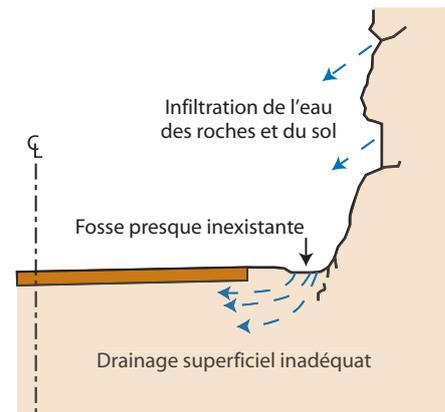
Hauteur de la crête

La hauteur de la crête d'une route est la distance verticale entre le bas du drain latéral à la surface de la route finie à la ligne axiale et devrait être suffisamment importante pour permettre le drainage interne correct des assises de chaussée. Les moyens économiques de réaliser une hauteur de la crête adéquate comprennent l'utilisation du matériau du drain latéral et de l'emprise routière, un procédé ordinaire où des décapeuses/niveleuses à moteur sont utilisées pour la construction. Le maintien d'une hauteur de crête suffisante dans des déblais est particulièrement important à cause des conditions défavorables de drainage dans ces zones. Cependant, ceci peut aboutir à une croissance considérable de la quantité de terrassements dans le déblai. D'autres possibilités, tels que des drains à filtre sous la surface, devraient être pris en considération en dernier ressort à cause des implications liées aux coûts et à l'entretien. Les aspects de sécurité du trafic des hauteurs importantes des crêtes devraient être pris en compte en situant le drain latéral plus loin du point de rupture de pente de l'accotement.

Dans des zones où les sols in situ sont considérés comme des sols aut drainants, comme dans des régions sableuses et désertiques, la priorité devrait être donnée à la construction d'un bon support latéral au sein d'un profil bas de remblai et de pentes latérales faibles (typiquement 1 : 6 ou 1 : 8) plutôt qu'à une hauteur importante de crête et aux pentes latérales relativement fortes.

Infiltration et drains de l'eau interstitielle

Malheureusement, le drainage inadéquat de la surface et de l'eau souterrain est un des défauts typiques associés avec des sections de déblai/remblai des RRFVC, comme indiqué dans la Figure 6.7. Ces défauts peuvent avoir une incidence sur la chaussée en conséquence de l'érosion, de la décroissance du support du sol ou de l'initiation de fluage ou de la défaillance du déblai ou de la pente en descente. On devrait s'en occuper pendant la construction plutôt que d'attendre des défaillances ultérieurement, parce que des travaux curatifs sont beaucoup plus coûteux à entreprendre.



Le blocage de drains latéraux peut aboutir à des défaillances des revêtements.

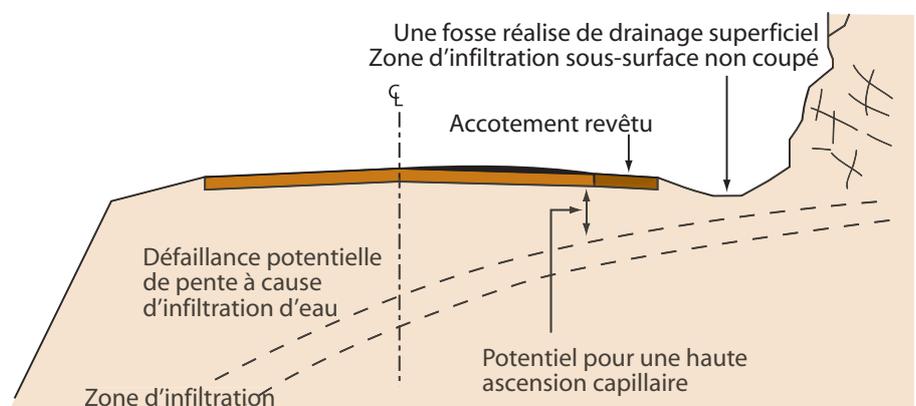


Figure 6.7 - Défauts typiques de drainage associés avec des sections déblai/remblai de chaussées¹³

Au cours du dimensionnement du tracé vertical des RRFVC, il est conseillé d'essayer d'éviter entamer le terrain afin de diminuer le risque de rencontrer de l'eau souterrain. Ainsi la "construction de chaussée en dépression", montrée dans la Figure 6.8, devrait être évitée sauf dans les cas où les conditions d'humidité du sol sont convenables ou où les systèmes de drainage éliminent effectivement les problèmes liés à l'eau.

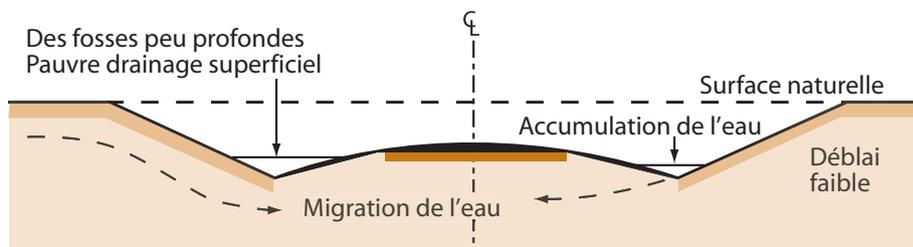


Figure 6.8 - Problèmes potentiels de drainage associés avec la construction de chaussées en dépression

L'infiltration localisée peut être rectifiée en plusieurs façons mais l'infiltration le long des assises perméables en combinaison avec des changements de l'élévation des routes (grades) peut nécessiter la construction des drains souterrains ainsi que des fosses, comme montré dans la Figure 6.9.

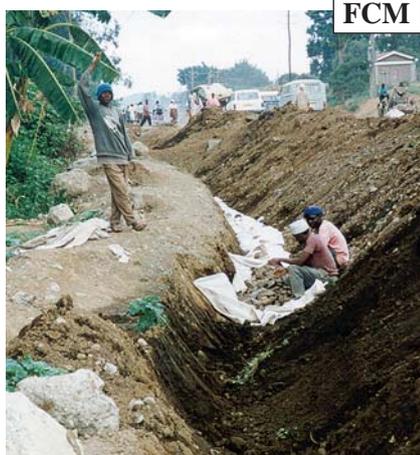
Des drains souterrains peuvent consister en des géotextiles enveloppant l'agrégat, avec ou sans le placement de tuyaux, mais plusieurs systèmes spécialisés sont disponibles sur le marché. Ces drains sont normalement construits d'agrégat entouré de sable de filtration en place de géotextiles, dépendant de la granulométrie des sols in situ.

Puisque les systèmes de drainage souterrain généralement encourent des coûts relativement élevés d'installation et il y a le risque de blocage de systèmes enterrés, d'autres possibilités sont préférables.

Accotements

La construction des accotements devrait être entreprise avec du soin afin d'éviter les problèmes typiques de drainage. De préférence, la base granuleuse devrait s'étendre jusqu'à la pente du remblai, avec une hauteur suffisante au dessus de la fosse pour empêcher l'entrée de l'eau. La construction en tranches, canaux ou en "baignoire", dans laquelle les assises de chaussée sont confinées entre des accotements continus imperméables, devrait être évitée, parce qu'elle a la caractéristique indésirable de retenir l'eau à l'interface entre la chaussée et l'accotement et d'inhiber l'écoulement de l'eau dans la fosse de drainage.

Pour les accotements il faut sélectionner des matériaux dont la perméabilité est pareille de celle de la couche de base, pour que l'eau ne soit pas retenue dans la chaussée. Cependant, les propriétés des matériaux utilisés dans des accotements non scellés peuvent différer de celles requises pour la couche de base pour des raisons de durabilité. Les accotements non scellés sont pareils à des couches de base en gravier et nécessitent l'utilisation de matériau légèrement plastique – une propriété qui pourrait être considérée moins désirable dans le cas de matériaux pour la couche de base.



La construction de drains à filtre est très convenable pour des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre. Les géotextiles utilisés dans des drains à filtre devraient être ceux qui ne sont pas bloqués par les fines dans les sols environnants.

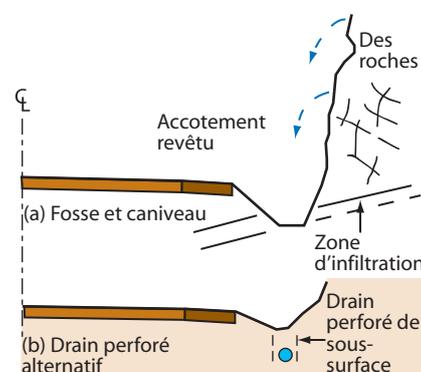


Figure 6.9 - Interception avantageuse d'écoulement superficielle et d'infiltration de l'eau interstitielle¹³



L'infiltration de l'eau dans l'accotement, aboutissant à des défaillances aux rives.

Un problème courant est l'infiltration de l'eau dans la couche de base et la couche de fondation qui se produit pour plusieurs raisons, comme illustré dans la Figure 6.10. Elles comprennent:

- L'orniérage près de la surface scellée
- L'accumulation des dépôts d'herbes et de débris
- Un joint médiocre entre la couche de base et l'accotement (plus fréquent quand un accotement revêtu a été adjoint après la construction initiale).

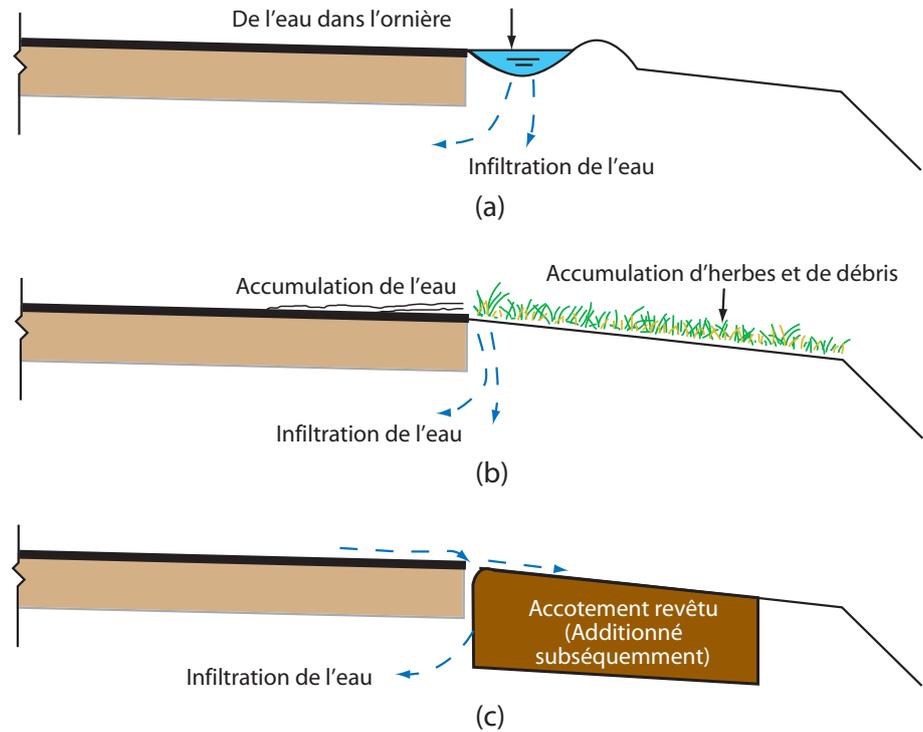


Figure 6.10 - Défauts typiques de drainage associés avec la construction des accotements de chaussée¹³

L'idéal, comme illustré dans la Figure 6.11, serait que les couches de base et de support soient élargies vers l'extérieur pour profiler les accotements qui, de préférence, devraient être scellés.

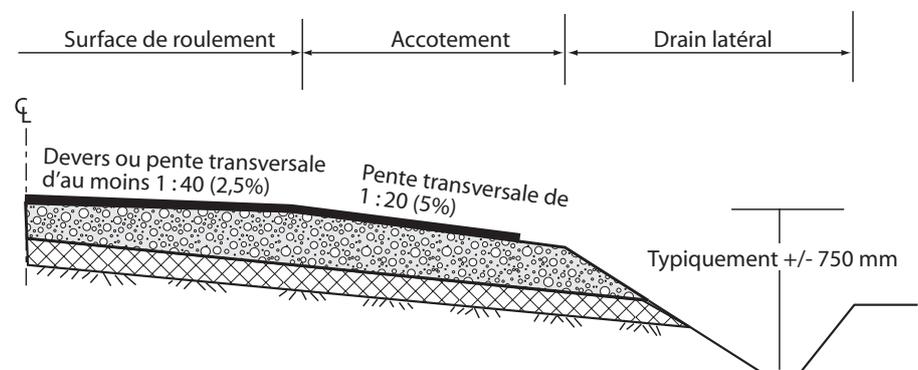


Figure 6.11 - Des dispositions idéales de la construction/drainage des accotements

L'utilisation des matériaux différents dans l'accotement et la chaussée est souvent non économique, à cause de la perturbation du procédé de construction. L'utilisation du même matériau dans la chaussée et dans l'accotement élimine le risque de rétention de l'eau.

6.7.3 Drainage externe

Introduction

Le drainage externe implique des méthodes de traverser des cours d'eau, des mesures de détourner l'eau de la route et la prévention du dommage dû à l'érosion. Dans la construction des RRFVC il y a souvent beaucoup de possibilités de l'utilisation de diverses mesures pour améliorer le drainage externe, telles que la construction de structures de faible hauteur, où la praticabilité de 100% pour le trafic pendant toute l'année n'est pas toujours nécessaire.

La fourniture d'une description *détaillée* de toutes les mesures qui constituent un bon système de drainage ne forme pas partie de la portée de cette Section. Les conditions de chantier varieront considérablement en ce qui concerne les sols in situ, la topographie, la végétation, le climat, les tendances de peuplement, les préoccupations écologiques etc. Les compétences du personnel de chantier et la connaissance des conditions locales sont cruciales pour la construction heureuse de drains à onglet, de drains de saignée, de drains latéraux, de bermes, de canaux, de tranchées drainantes et de croisements le long de la route¹⁴.



Il faut exercer de la prudence en entreprenant des travaux de drainage, puisque l'interférence avec le régime naturel de drainage peut aboutir à du dommage environnemental majeur dans des zones susceptibles.

6.7.4 Hydrologie et calculs hydrauliques

Introduction

L'emploi de méthodes sophistiquées pour estimer le ruissellement et pour le calcul des dimensions de structures des cours d'eau n'est pas toujours convenable pour des RRFVC parce que les données et/ou les ressources requises ne sont pas disponibles. Ainsi d'autres méthodes, qui dépendent également d'observations visuelles et d'évidence historique basée sur des consultations avec les populations locales, sont souvent plus appropriées. De plus, des contraintes financières souvent nécessitent un compromis entre des structures qui fournissent de l'accès de tout saison et celles qu'on peut construire avec les ressources disponibles.

Méthode

L'idéal serait que la capacité des structures de drainage soit calculée sur la base d'expérience locale acquise sur une longue période de temps et mise à jour pour accommoder des changements éventuels des tendances pluviométriques et climatiques. Cependant, dans beaucoup de pays ces renseignements ne sont souvent pas facilement disponibles, suscitant le besoin de développer des normes de dimensionnement et calculs de drainage. Dans tous les cas il est conseillé de combiner les calculs avec des observations sur chantier, en plus des renseignements des sources locales fiables.

Etant donné le coût toujours croissant de l'entretien, il est souhaitable de faire accroître les dimensions des ouvertures des structures de drainage à un minimum de 600 mm pour faciliter leur entretien.

Période de Retour

La période de retour d'un écoulement donné d'eau est liée au risque statistique d'excéder la capacité des structures de drainage. Elle forme partie des calculs hydrauliques requis pour chaque genre de structure et pour chaque projet, sur la base des politiques et des conséquences pour la route ou le public. La période de retour est donc un paramètre critique du dimensionnement des RRFVC parce qu'elle contrôle le niveau de risque par rapport aux coûts de construction et le genre de structure qui est appropriée. Comme guide générale, les périodes de retour suivantes peuvent être considérées pour des RRFVC:

- Ponts: 10 – 50 ans
- Ponceaux: 5 – 10 ans
- Gués ou ponceaux bien protégés: 0 – 5 ans.



L'inondation des RRFVC, bien qu'elle ne soit pas souhaitable, a moins d'effet sur l'économie que si elle se trouve sur des routes à forts volumes de circulation.

FCM



La capacité inadéquate d'un ponceau, surtout en combinaison avec des remblais élevés peut résulter en dommage sévère et des travaux curatifs coûteux.



Gué à bas niveau.



Gué à bouches.



Des ponceaux à bancs de tuyaux sont susceptibles d'être bloqués par des arbres, même quand on utilise des tuyaux à grand diamètre.

6.7.5 Structures de drainage

Introduction

Ce chapitre illustre quelques exemples de la gamme de solutions dont les concepteurs et constructeurs des RRFVC peuvent se servir. Les techniques illustrées sont les résultats des méthodes innovatrices éprouvées et appliquées dans beaucoup de pays de la région au cours d'un nombre d'années. Un besoin de base dans la construction de structures pour le travers de cours d'eau est d'évaluer le besoin de protection de la structure contre l'érosion pendant la période de construction ainsi que d'évaluer le risque que les structures qui ne sont pas dimensionnées pour résister aux inondations, connaîtront le dépassement de capacité, pour que des mesures additionnelles de protection peuvent être réalisées. La construction de points bas "sacrifiable" pour accommoder des dépassements de capacité devrait être considérée là où les ressources disponibles ne permettent pas la mise à disposition de structures à capacité adéquate¹⁵.

Structures à bas niveau

Une structure à bas niveau est dimensionnée pour accommoder des dépassements de capacité sans dommage et est très convenable pour des RRFVC dans des zones où une praticabilité moins de "praticabilité à tout saison" est acceptable à la communauté. Les deux genres de base décrits ci-dessous ont été utilisés avec du succès dans la région. Plusieurs autres noms sont souvent employés pour décrire ces structures.

- Des **gués** sont conçus pour fournir une surface solide de roulement dans le lit d'une rivière, où des véhicules peuvent traverser quand les niveaux de l'eau sont modérés
- Des **gués à bouches**, souvent connus comme gués, digues ou ponts irlandais (des structures plus grandes sont connues comme des ponts à bas niveau) permettent l'eau de passer à travers les ouvertures, mais peuvent résister au dépassement de capacité sans dommage. Les ouvertures dans les gués à bouches, comme dans le cas des ponceaux, devraient être suffisamment grandes – de préférence non moins de 0,9 m pour que le nettoyage pendant les opérations futures d'entretien soit rendu plus facile et le risque de blocage soit minimisé.

Une caractéristique commune de toute structure de bas niveau est qu'elles ont besoin de fondements adéquats et d'ancrage, ainsi que de protection de l'emprise routière contre l'affouillement.

Ponceaux

Genres: Des ponceaux sont construits sur les RRFVC en utilisant une variété de méthodes et de matériaux. Des exemples comprennent des tuyaux en plastique ondulée, des tuyaux ou de voûtes en acier, des tuyaux en béton préfabriqué ou frais, des boîtes, des voûtes ou "semi voûtes" ("shelverts") des dalles en béton armé reposant sur des blocs à un profil d'un ponceau à boîte, ainsi que des ponceaux en bois à un profil de boîte ou circulaire.

Comme indiqué dans le Cadre 6.19, il y a beaucoup de moyens de construire des ponceaux peu coûteux.



FCM

Des ballons gonflables en caoutchouc ont été utilisés avec du succès comme des coffrages pour la construction sur chantier de ponceaux à buses en béton. Le béton est coulé directement contre le côté de la tranchée, qui est protégée par des feuilles de plastique.



La protection à l'amont contre le blocage par des arbres peut être construite avec du succès en vieilles traverses en fer, qui sont bien ancrées dans le lit de la rivière.



FCM

L'utilisation de ponceaux en béton dans des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre n'est pratique que si chaque section n'est pas trop lourde pour le maniement par la main-d'œuvre ou par l'équipement mécanique sur chantier.

Cadre 6.19 - Construction innovatrice de ponceaux

FCM

Des méthodes innovatrices sont employées dans la région pour la construction simple et efficace de ponceaux qui sont bien adaptés pour application à des RRFVC, surtout où des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre sont utilisées. Parmi les exemples de ces techniques sont:

- L'emploi de planches (en pin) traitées qui sont produites dans la région pour la construction de ponceaux à buses dans le chantier de production et qui sont attachées l'une à l'autre avec des bandes en acier (Tanzanie)
- L'emploi de ballons gonflables en caoutchouc comme des coffrages pour le coulage sur chantier de ponceaux à buses en béton en une grande variété de dimensions à des diamètres de plusieurs mètres (Tanzanie)
- L'emploi de tonneaux comme coffrages pour la fabrication en grande série dans le chantier de production de modules en béton pour des ponceaux à buses (Zimbabwe)
- L'emploi de tonneaux comme des coffrages (laissés tombés) pour le moulage sur chantier de ponceaux à buses en béton (Tanzanie)
- L'emploi de bois d'œuvre pour la construction sur chantier de ponceaux à profil carré
- L'emploi de blocs pour la construction sur chantier de ponceaux à profil carré (Botswana)
- Des "shelverts" sont des demi voûtes en béton préfabriqué dont la construction a besoin de moins de compétences que des ponceaux
- Murs verticaux en briques avec des dalles en béton coulés sur chantier.

Location: Dans la mesure du possible, les ponceaux devraient être placés dans le lit original du cours d'eau, avec le radier suivant le gradient du canal naturel. Dans des cas exceptionnels on peut réaliser le réalignement du lit du cours d'eau.

Ponceaux en biais: Ordinairement des cours d'eau qui traversent la route à un angle de biais de moins de 20 degrés peuvent généralement être accommodés par la construction d'un ponceau placé perpendiculaire à la ligne centrale de la route. Dans tels cas, l'entrée du ponceau devrait être située au point où le canal et la route se rencontrent, et toute modification du canal devrait être effectuée en aval de la sortie du ponceau. Des travers d'eau à des angles de biais excédant 20 degrés devraient être fournis avec des ponceaux à biais.

Entrées: Pour empêcher l'envasement, les radiers de ponceaux devraient être construits à une inclinaison de non moins de 1,25 pour cent dans le cas des ponceaux à buses et de 0,5 pour cent pour des ponceaux à boîtes. Les inclinaisons des radiers devraient être augmentées de 1,0 pour cent dans le cas des ponceaux ayant des entrées à chute.

Débouches: Le niveau du radier à la débouche d'un ponceau devrait coïncider avec le niveau du terrain. S'il est absolument nécessaire de construire des ponceaux sur une pente raide, l'énergie générée devrait être dissipée afin d'éviter de l'érosion sévère à la débouche du ponceau. Une boîte de modération de la vitesse de l'eau et l'élargissement de la débouche représentent des méthodes efficaces de réduire la vitesse de l'eau.

Fondation: L'idéal serait que les ponceaux soient situés sur des fondations solides tels que la roche. Des sols mous, saturés, expansifs et argileux peuvent résulter en des tassements ou mouvements saisonniers du ponceau. L'enlèvement de sols médiocres ou la stabilisation des fondations devrait être considéré.

Emploi de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre

Des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre sont bien adaptées à la construction des structures de drainage, l'excavation de canaux de drainage, la construction de bermes en béton, l'empierrement en pierres, la protection contre l'affouillement etc. Des ponceaux en béton préfabriqué ne sont pas très convenables pour des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, si le poids de chaque composante est trop grand pour le maniement manuel.



FCM

Des blocs ont été utilisés avec du succès pour la construction simplifiée des murs de tête dans de petits ponceaux et pour le support de dalles en béton pour la construction d'un ponceau à boîte.



L'érosion dans des canaux de débouche peut occasionner beaucoup de dommage environnemental dans des régions susceptibles.



Des obstacles à l'affouillement en béton dans un drain latéral.



S'il existe le risque de l'érosion aux débouches, des radiers convenables et d'autres mesures de protection sont requis.

6.7.6 Erosion

Introduction

Toute perturbation de l'écoulement naturel de l'eau court le risque d'érosion qui peut aboutir à la dégradation environnementale, à l'envasement, au dommage routier, au dommage aux bâtiments et aux services, à la destruction du terrain agricole et à la perte de sol fertile. Ainsi, il existe la responsabilité de s'assurer que la construction du système de drainage d'une RRFVC reçoive la même attention à la bonne pratique que la construction d'autres routes. En effet, l'empêchement de l'érosion peut être plus crucial dans le cas des RRFVC à cause des défis plus grands dont on devrait faire face dans l'entretien du système de drainage dans des régions écartées où ces routes souvent se trouvent.

Obstacles à l'Affouillement

Il y a beaucoup d'exemples dans la région de méthodes peu coûteuses et efficaces qui sont utilisées pour la protection des canaux de drainage et des drains latéraux par le moyen d'obstacles à l'affouillement qui peuvent être construits facilement en utilisant des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre. Ces obstacles à l'affouillement peuvent être construits de bâtons en bois, de roches, de béton ou d'autres matériaux, dépendant de la source de matériaux la plus économique. La fréquence des obstacles à l'affouillement devrait être réglée correctement en fonction de l'inclinaison de la pente afin d'empêcher d'érosion entre les obstacles aboutissant à du dommage au système. On peut se servir de ce qui suit comme guide:

Inclinaison de la fosse	Ecartement des obstacles à l'affouillement (m)
4% ou moins	(non nécessaire)
5%	20m
8%	10m
10%	5m

Erosion des Ponceaux

Des ponceaux courts avec de hauts murs de tête et murs en aile sont susceptibles à l'érosion près des entrées et des débouches, surtout le long des murs d'aile. La construction de ponceaux qui sont suffisamment longs pour atteindre le pied du remblai minimisera les mesures de protection nécessaires, l'entretien futur et le risque de dommage au remblai autour des ouvertures. Il est nécessaire d'évaluer soigneusement le coût additionnel de l'agrandissement en long des ponceaux contre ces avantages, surtout dans le cas des RRFVC qui souvent se trouvent dans des régions écartées où l'entretien régulier pose un défi.

Protection des Pentes

S'il est requis, le placement de terre végétale et le plantage de végétation sur les pentes de remblais devraient être réalisés afin de minimiser l'érosion avant que la végétation indigène puisse s'établir.

Cadre 6.20 - Le plantage de végétation pour la protection des pentes contre l'érosion

Là où des herbes ou d'autre végétation sont plantés pour la protection des pentes, il est absolument indispensable qu'on obtient de conseil professionnel d'un botaniste. L'inobservation de celui-ci pourrait aboutir à l'intrusion d'espèces non indigènes qui pourraient menacer l'environnement ou résulter en dommage à l'agriculture locale.

6.8 Résumé

Les points importants discutés dans ce chapitre sont:

1. Les caractéristiques des RRFVC sont telles que les méthodes utilisées pour leur construction peuvent différer de celles pour des routes à plus forts volumes de circulation. Dans certaines circonstances des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre peuvent être employées efficacement dans maints – si non toutes – les activités de construction.
2. La construction des RRFVC souvent a lieu dans des zones rurales écartées. Ces circonstances peuvent engendrer des problèmes spéciaux ayant rapport à la santé, la sécurité et l'environnement, et il faut prendre des mesures pour améliorer les effets nuisibles éventuels des procès de construction routière sur les populations locales et l'environnement.
3. Un degré plus haut de conscience des propriétés et de l'utilisation des matériaux est requis dans la construction des RRFVC pour assurer la bonne gestion de l'utilisation des ressources (souvent) peu abondantes de matériau de bonne qualité pour la construction routière.
4. La nature de la construction des RRFVC fournit une gamme tant pour le choix de technologie que pour l'utilisation du matériel. La sélection de matériel devrait être bien assortie à la technologie choisie pour que la qualité la plus haute de construction soit réalisée avec les ressources disponibles.
5. Le compactage de graviers naturels est une composante indispensable de la bonne performance des RRFVC. Si les matériaux sont convenables, le compactage au refus pendant la construction contribue relativement peu aux coûts de construction, mais il est probable qu'il réalise des avantages importants émanant de la performance améliorée des routes. Inversement, il est probable que le pauvre compactage aboutisse à de densités plus faibles, à l'entrée de l'eau, à la déformation et à l'entretien accru.
6. Un bon contrôle de qualité pendant la construction est important dans la construction de toutes les routes, mais est spécialement important pour des RRFVC où il y a une utilisation accrue des ressources disponibles dans la région. Il est important d'assurer que ces routes ont une bonne surface de roulement et rendent une bonne performance de chaussée, pour que des interventions imprévues d'entretien ne se produisent pas.
7. Beaucoup de graviers naturels utilisés dans la construction des RRFVC, ont des résistances élevées quand ils sont secs, mais ils sont aussi susceptibles à l'eau. Le maintien de la chaussée en un état sec par le moyen de bon drainage est donc un facteur crucial de la performance des RRFVC et il est important que des mesures qui réduiront l'entrée de l'eau sont prises à l'étape de construction, plutôt qu'ultérieurement, quand leur réalisation sera beaucoup plus coûteux.
8. Les risques perçus associés avec l'emploi d'approches, de la technologie et de matériaux non conventionnels peuvent être gérés judicieusement par l'intermédiaire de mesures économiques qui assureront la bonne performance.

6.9 Références et Bibliographie

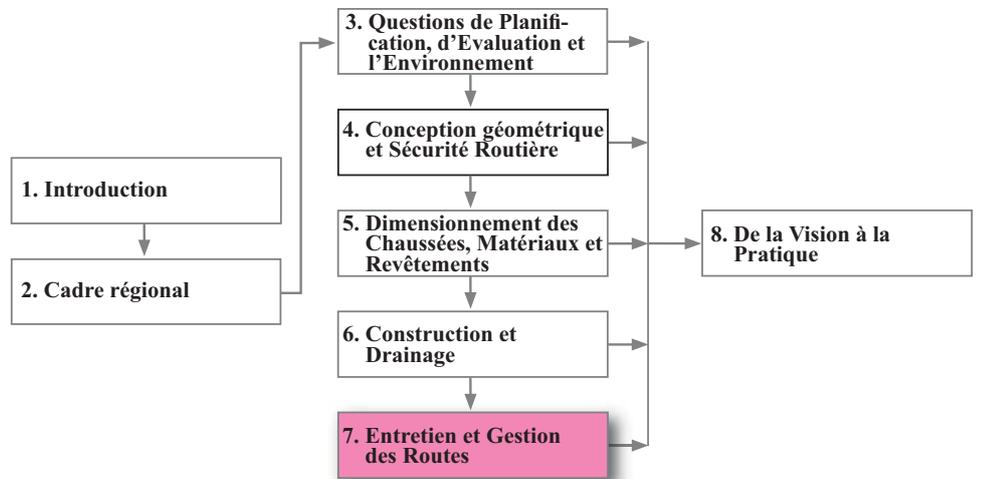
Références

1. Still D A. (1992). *The Case for the Selective Use of Labour-based Construction in Civil Engineering*. Proc. Conf. On Appropriate Technology for the Third World, du 8 au 10 juin, 1992, Windhoek, Namibie.
2. Ministry of Works, Transport and Communication (1999). *White Paper on Labour Based Works Policy*. Windhoek, Namibie.
3. Stevenson S R. (1994). *Environmental Impact Assessment of Transportation Projects in Africa*. All-Africa Engineers' Conference on the Role of the Engineer in Sustainable Development, Nairobi, Kenya.
4. Austroads (1996). *Bitumen Sealing Safety Guide* (1996), Sydney, Australie.
5. Stock S A et J de Veen. (1996). *Expanding Labour-based Methods for Road Works in Africa*. SSATP Working Paper No 22. La Banque Mondiale, Washington D.C., Etats-Unis.
6. Pinar M I et S Ookeditse. (1988). *Evaluation of High Energy Impact Compaction Techniques for Minimising Construction Water Requirements in Semi-Arid Regions*. Fourteenth ARRB Conference, Canberra, Australie, du 26 août au 2 septembre 1988.
7. Petts R C. (1997). *Agricultural Tractors in Roadworks*. Annual Roads Convention, Dar es Salaam, Tanzanie.
8. Pinar M I. (1998). *Innovative Compaction Techniques for Improving the Bearing Capacity of Roads and Airfields*. Proc. 5th Int. Conf. on the Bearing Capacity of Roads and Airfields. Trondheim, Norvège.
9. Schroeder W L et S E Dickinson. (1996). *Soil in Construction*. Prentice Hall.
10. Roughton International in association with University of Birmingham and University of Nottingham (2000). *Guidelines on Materials and Borrow Pit Management for Low-Cost Roads*. DFID. Londres, Royaume Uni.
11. Motswagole K J. (2000). *Evaluation of the CSIR Quality Control Test Kit, Final Research Report*. Department of Roads, Ministry of Transport, Harare, Zimbabwe. ILO/ASIST, Afrique.
12. Gourley C S et P A K Greening. (1999). *Collaborative Research Programme on Highway Engineering in the SADC Region*. Transport Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
13. Birgisson B et B E Ruth. (2003). *Improving Performance through Consideration of Terrain Conditions*. Proc. 8th Int. Conf. on Low-volume Roads, Reno, Nevada, Etats-Unis, du 22 au 25 juin, 2003.
14. Abbey P. (1999). *Storm Water Drainage Design Guidelines*. Land and Transport Division, Ministry of Environment and Transport, Mahé, Iles Seychelles.
15. Ministry of Transport and Energy, Department of Roads. (1998). *A Pocket Guide to Road Design for Low-volume Roads*. Harare, Zimbabwe.

Bibliographie

- Bental, P., A Beusch et J de Veen. (1999). *Guide: Employment Intensive Infrastructure Programmes: Capacity Building for Contracting in the Construction Sector*: Development Policies Department, International Labour Office, Genève, Suisse.
- Bental, P., A Twumasi-Bokaye et R B Watermeyer. (1995). *Labour-Based Contracting: A Study to Develop Guidelines for Project Formulation and Implementation*. International Labour Office, Genève, Suisse.
- Committee of State Road Authorities (1984). *TRH 15: Subsurface drainage for roads*, CSRA, Pretoria, Afrique du Sud.
- Committee of State Road Authorities (1991). *Code of Practice for the design of highway bridges and culverts in South Africa*: Part 3. CSRA, Pretoria, Afrique du Sud.
- Demsey B, M I Darter et S H Carpenter. (1982). *Improving sub-drainage and shoulders of existing pavements - State of the art*. Federal Highway Administration Report FHWA/RD-81/077. Department of Transportation, Washington, D.C., Etats Unis.
- Development Bank of Southern Africa (1993). *Interim Guidelines for Labour-based Construction Projects*. Johannesburg, Afrique du Sud.
- Edmonds G A et J J de Veen. (1993). *Technology Choice for the Construction and Maintenance of Roads in Developing Countries*. ILO, Genève, Suisse.
- Gerke R J. (1987). *Subsurface drainage of road structures*. Special Report No. 35. Australian Road Research Board, Sydney, Australie.
- ILO ASIST (1998). *The Labour-Based Technology Source Book. A Catalogue of Key Publications*. International Labour Organisation, Advisory Support, Information Services and Training, Nairobi, Kenya.
- Larcher P (Ed). (1998). *Labour-based Road Construction*. Intermediate Technology Publications, Londres, Royaume Uni.
- Larcher P et D Miles. (2000). *Roads & Realities: How to promote road contracting in developing countries*. IDE, Loughborough University, Loughborough, Leicestershire, Royaume Uni.
- Mayer A et G K Kayira. (1997). *Addressing Unemployment Problems through Expanding Labour-Based Public Works Programmes*. Botswana Development Issues No. 1, Friedrich Ebert Stiftung, octobre 1997.
- Miles D (Ed). (1996). *Towards Guidelines for Labour-Based Contracting. A framework document*. MART Working Paper No. 1 Institute of Development Engineering, Loughborough University, Loughborough, Leicestershire, Royaume Uni.
- Millard R S. (1993). *Road Building in the Tropics*. TRL State of the Art Review 9. Transport Research Laboratory, Dept. of Transport, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- National Transport Commission (1986). *Road Drainage Manual*. Chief Directorate: National Roads, Pretoria, Afrique du Sud.
- Nilsson C. (1993). *Labour-based Contracting*. ILO ASIST Bulletin, Harare, Zimbabwe.
- Rolt J R, C S Gourley et J P Hayes. (2002). *Rational Drainage of Road Pavements*. PR/INT/244/2002. Transport Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- Transport and Road Research Laboratory (1992). *Overseas Road Note 9: A Design Manual for Small Bridges*. TRRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.

Chapitre 7



Entretien et gestion routières

7

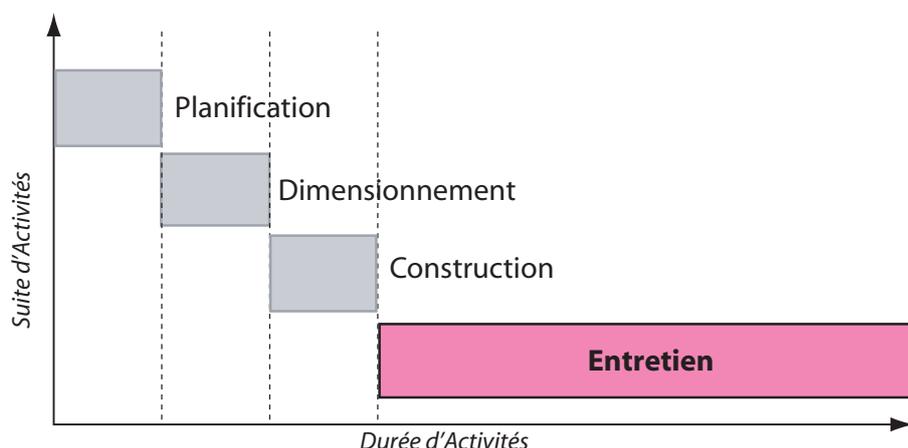
7.1	Introduction	7 - 1
	7.1.1 Entretien.....	7 - 1
	7.1.2 Gestion routière	7 - 2
	7.1.3 But et Portée du Chapitre	7 - 2
7.2	Questions d'Entretien.....	7 - 3
	7.2.1 Cadre d'Entretien.....	7 - 3
	7.2.2 Caractéristiques de la Dégradation	7 - 5
	7.2.3 Caractéristiques des RRFVC	7 - 6
	7.2.4 Le Défi posé par l'Entretien.....	7 - 6
	7.2.5 Les Leçons apprises.....	7 - 9
7.3	Gestion de l'Entretien	7 - 11
	7.3.1 But principal.....	7 - 11
	7.3.2 Inventaire.....	7 - 11
	7.3.3 Composants	7 - 12
	7.3.4 Cycle de Gestion.....	7 - 13
	7.3.5 Politique et Organisation de l'Entretien.....	7 - 14
	7.3.6 Normes d'Entretien	7 - 15
	7.3.7 Evaluation des Besoins	7 - 17
	7.3.8 Détermination des Priorités.....	7 - 19
	7.3.9 Systèmes et Outils de Gestion.....	7 - 20
7.4	Opérations d'Entretien	7 - 24
	7.4.1 Rôles et Modèles organisationnels.....	7 - 24
	7.4.2 Engagements de Performance et Contractuels	7 - 25
	7.4.3 Acceptation du Risque	7 - 26
	7.4.4 Accroissement de l'Emploi de menus Entrepreneurs...7	- 27
7.5	Résumé	7 - 28
7.6	Références et Bibliographie	7 - 29

Entretien et gestion routières

7

7.1 Introduction

7.1.1 Entretien



Définition de l'entretien routier

“Pour préserver les routes revêtues et non revêtues, les panneaux de signalisation, des feux de circulation et le marquage en un état le plus proche possible à l'état original de conception, d'une manière qui est la plus probable de minimiser le coût total pour la société des coûts d'exploitation de véhicules, des accidents, ainsi que le coût de l'entretien même, sous les contraintes des limitations sévères de main-d'œuvre expérimenté, d'équipement et d'argent, tant domestique qu'étranger”. (AIPCR)

L'entretien routier est une composante intégrale du processus de la mise à disposition des RRFVC, dont le genre et les coûts sont influencés dans une large mesure par les décisions prises pendant les étapes préalables de planification, conception et construction. Le bon entretien contribue à la préservation des biens routiers et à la prolongation de la vie de la route à sa durée voulue de service. Sans entretien adéquat, les routes se détériorent rapidement, leur utilisation devient hasardeuse et coûteuse et, à la fin, les coûts pour l'économie sont importants.

Alors que la conception et la construction des RRFVC sont dominées par des questions d'ingénierie, leur entretien est essentiellement une question multidimensionnelle dans laquelle les aspects gestionnaires et techniques sont influencés par des questions politiques, sociales et institutionnelles. Par exemple, l'emploi de travaux d'entretien comme un outil de l'allègement de la pauvreté à travers l'implication appropriée de la communauté devient de plus en plus important.

Actuellement l'entretien constitue une des préoccupations majeures des agences routières de la région de la CDAA. Pendant les premières étapes du développement des routes, la plupart des dépenses routières était effectuée à la construction. Cependant, avec le développement de ces réseaux, les dépenses requises pour l'entretien et la remise en état adéquats sont devenues plus importantes par rapport à celles requises pour la nouvelle construction.

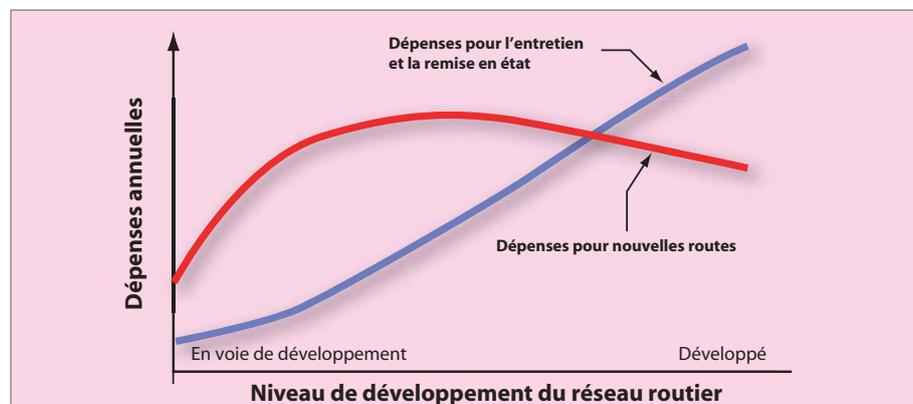


Figure 7.1 - Tendances de dépenses routières dans la région de la CDAA



Un exemple d'une route sévèrement dégradée qui a reçu peu – ou point – d'entretien depuis sa construction. Le résultat est des coûts très élevés d'exploitation de véhicules et la perte de la plupart du placement financier original.

Malheureusement, pour de diverses raisons, y compris le manque de financement adéquat, la mise à disposition d'entretien satisfaisant de routes reste un objectif insaisissable pour un nombre de pays de la CDAA. En conséquence, ces pays – et la région dans son ensemble – ont payé un prix élevé en termes des réseaux routiers dégradants, de coûts très élevés de transportation et de la réticence des bailleurs de fonds de leur aider avec le financement de projets de construction neuve ou de remise en état. Heureusement, cependant, les agences routières commencent de s'attaquer aux défis d'entretien en une manière plus holistique afin d'améliorer l'efficacité et d'atteindre la durabilité.

7.1.2 Gestion Routière

Le système routier de la CDAA représente un placement majeur et constitue l'un des biens le plus important du secteur public de la région, le coût de remplacement excédant plus de 50 milliards de dollars américains (2000). En fait, la valeur des biens routiers souvent dépasse les valeurs combinées de tous les autres systèmes de transport. Il est donc d'une importance extrême que ces biens soient conservés par la gestion efficace. Faute de celui-ci, le placement peut s'éroder assez rapidement, parce que des routes qui ne sont pas entretenues détériorent très vite.

Même pour des réseaux routiers à des volumes relativement bas de circulation, de l'information fiable est devenue nécessaire pour la gestion efficace. Ceci a abouti au développement d'outils de gestion, y compris de divers genres de systèmes de gestion routière, qui aident les agences routières à l'affectation des ressources de manière qui est plus intéressante. Cependant, s'ils doivent être durables, ces systèmes devraient être choisis soigneusement afin de correspondre avec les ressources disponibles – techniques et financières – de l'agence routière. Malheureusement, il y a plusieurs exemples de systèmes qui n'ont pas marché d'une manière satisfaisante.

7.1.3 But et Portée du Chapitre

Le but principal de ce chapitre est de fournir des conseils sur l'amélioration de l'entretien et de la gestion des RRFVC par l'adoption de dispositions institutionnelles de stratégies de gestion et de normes techniques appropriés. On donne également des conseils sur les critères pour l'établissement de systèmes de gestion routière pour aider les agences routières avec la gestion globale de leurs réseaux routiers. On ne traite pas des aspects des opérations d'entretien en détail, parce qu'il existe déjà beaucoup de textes de références à ce sujet.

7.2 Questions d'entretien

7.2.1 Cadre d'Entretien

L'entretien - pourquoi est-il nécessaire?

Les arguments en faveur de l'entretien sont convaincants. Après avoir passé du temps et dépensé de l'effort et de l'argent en la planification, dimensionnement et construction d'une route, il est crucial d'assurer que les biens sont conservés par l'entretien opportuniste et efficace. Le but de cet entretien est triple:

- Il prolonge la durée de vie de la route et diffère le jour de renouvellement
- Il réduit le coût d'exploitation de véhicules sur les routes
- Il facilite le maintien du fonctionnement des routes et assure la régularité, la ponctualité et la sécurité accrues des services de transport routier.

Le premier but concorde le plus directement aux intérêts de l'agence routière, le deuxième à ceux des opérations de véhicules et le troisième, plus généralement, à ceux des habitants de la région traversée par la route.

Activités typiques d'Entretien

Les activités d'entretien sont soit *cycliques* soit *réactives* et peuvent être de nature courante ou *périodique*. Les activités cycliques sont celles qui sont effectuées à des intervalles régulières. Les activités réactives sont celles qui sont effectuées en réponse à un événement particulier, par ex. l'érosion, des réparations du drainage, ou un défaut qui dépasse les valeurs dictées par les normes d'entretien, par ex. l'ornièrage qui dépasse une valeur donnée.

Tableau 7.1 – Activités d'entretien

Catégorie de travaux	Activité d'entretien	Genre	
		Cyclique	Réactive
Entretien courant	<i>Général:</i>		
	Coupage de l'herbe	x	
	Enlèvement d'obstacles		x
	Débouchement/ réparations des ponceaux		x
	Débouchement/réparations des ponts	x	
	Débouchement des drains	x	
	Contrôle/réparations d'érosion		x
	Marquage des chaussées		x
	Réparation des panneaux de signalisation		x
	<i>Chaussée:</i>		
	Réparation de nids de poule		x
	Réparations localisées de surface (scellement localisé)		x
Scellement de fissures		x	
Réparation des rives		x	
Entretien périodique	Scellement de rajeunissement		x
	Rescelllement		x
	Regravelage/reprofilage des accotements		x



Coupage de l'herbe – une activité typique d'entretien à fort coefficient de main-d'œuvre.

Beaucoup d'activités citées dans le Tableau 7.1 peuvent être réalisées coût-efficacement par l'emploi de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre. Si, par exemple, une partie de l'entretien courant est réalisée par des cantonniers travaillant en sous-traitance, il y aurait peu – ou point – de besoin ni de campements pour la main-d'œuvre de l'entretien ni du transport à destination et en provenance du chantier, ainsi réalisant des économies. Il se peut que du travail d'entretien périodique puisse nécessiter l'emploi d'équipements

spécialisés, par ex. des opérations de scellement bitumineux, mais des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre peuvent être utilisées pour beaucoup d'activités.

Le manque d'attention aux tâches simples d'entretien peut poser beaucoup de problèmes pour les usagers des routes, la société et l'économie nationale, comme illustrés dans le Tableau 7.2.

Tableau 7.2 - Problèmes de l'entretien, conséquences et solutions

Sécurité routière		
Problème	Conséquence	Solution
Pousse de végétation	Diminue la visibilité du conducteur	Assurez l'établissement et le maintien des normes de sécurité.
Nids de poule	Hasardeux aux automobilistes	
Inondation (des ponceaux engorgés)	Diminue la résistance de la chaussée	Effectuez des enquêtes courantes afin d'identifier de dégradation qui pourrait aboutir à une diminution de la sécurité routière. Notez et analysez les données d'accidents pour obtenir des indications des défauts d'entretien.
Des panneaux de signalisation sales, endommagés ou disparus	Augmente les possibilités des accidents de la circulation	
Des marquages routiers à peine visibles		
Ponts et garde-corps endommagés		
Affouillement des accotements des chaussées	Diminue l'intégrité de la chaussée	
↓	↓	↓
Augment le nombre de hasards routiers pour les usagers des routes.	Résulte en une croissance d'accidents de la circulation.	Besoin de l'entretien efficace et opportun.
Coûts des Usagers des Routes		
Problème	Conséquence	Solution
Rapport évident établi entre l'état de la chaussée et les coûts d'exploitation des véhicules, qui est incorporé dans des modèles de placement en transport (par ex. HDM-4).	Une augmentation de la rugosité superficielle aboutit à un accroissement des coûts d'exploitation des véhicules. Les coûts importants additionnels sont encourus par les usagers des routes si les besoins d'entretien routier sont négligés.	Identifiez et dressez un programme d'opérations d'entretien et les contrôlez.
↓	↓	↓
La vitesse de la dégradation routière est souvent non limitée, ce qui résulte en l'accroissement de la rugosité superficielle à rythme accélérant.	Coûts additionnels encourus par les usagers des routes.	Emploi d'un système approprié de la gestion de l'entretien.
Coûts de Durée de Vie		
Problème	Conséquence	Solution
Les stratégies de praticabilité et de conception supposent que: (a) le renforcement régulier des chaussées sera réalisé afin d'arrêter la dégradation et (b) on prendra garde de traiter les défauts localisés à mesure qu'ils se produisent (par ex. le scellement de fissures).	Le défaut de contrôle la dégradation résulte soit en un besoin prématuré de renforcement soit en des coûts beaucoup plus élevés de reconstruction.	Optimisez le placement par la mise en application judicieuse des interventions d'entretien afin d'arrêter le rythme de dégradation et de conserver l'intégrité structurelle de tout tronçon routier du réseau.
↓	↓	↓
En pratique, ces suppositions sont souvent non réalisées.	Des rançons économiques sont encourues qui résultent en le besoin de reconstruction prématurée.	Emploi d'un système approprié de la gestion de l'entretien.

7.2.2 Caractéristiques de la dégradation

Même avec l'observation stricte de bonnes normes de construction, les routes se détériorent avec l'écoulement du temps. Le rythme de dégradation peut varier beaucoup, dépendant du climat, de la résistance de la chaussée et de la sous-couche sous-jacente, du volume de circulation et des charges d'essieu. L'usure des surfaces des routes occasionnée par la circulation est aggravée par les eaux pluviales et par les changements de température. La fissuration souvent se produit dans la surface bitumineuse qui, avec l'entrée des eaux pluviales, aboutit à la défaillance de la chaussée.

La Figure 7.2 illustre comment l'état d'une route se dégrade avec le temps et comment la vie de la route peut être prolongée par l'entretien contrôlé.

Toutes les routes détériorent avec du temps. Cependant, les RRFVC sont particulièrement sensibles aux caprices de l'environnement physique et, en conséquence, le contrôle opportun et efficace de leur dégradation devient le défi clé de la gestion de l'entretien routier.

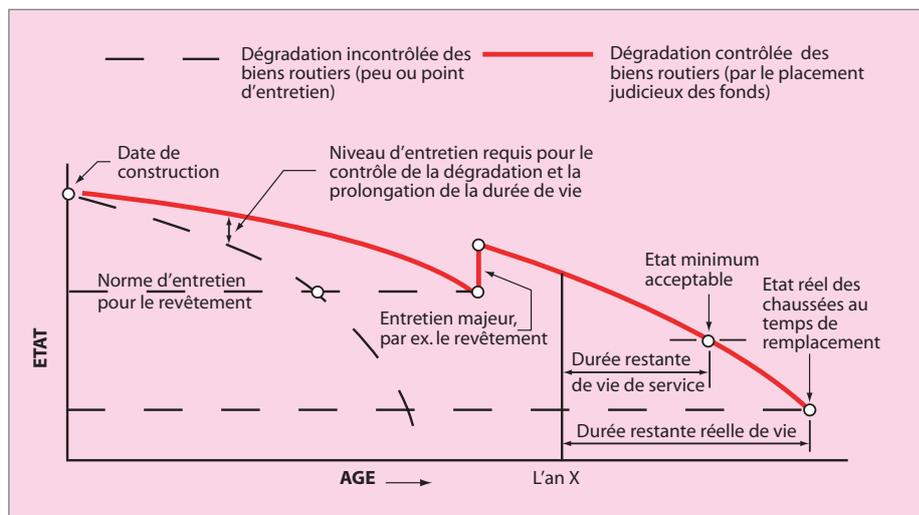


Figure 7.2 - Dégradation typique de l'état des routes avec du temps

D'importance particulière dans la réponse aux besoins en entretien des RRFVC est le fait que, par contraste avec des routes à de plus fortes volumes de circulation, la proportion de la détresse totale résultant des influences liées à l'environnement est très élevée, comme indiquée dans la Figure 7.3¹

En Zimbabwe, le composant environnemental de la progression de la rugosité varie par une facteur de presque 4, les routes à faibles volumes de circulation construites à des normes inférieures de coupe transversale ayant le rythme le plus élevé de progression et les routes construites à des normes conventionnelles ayant le rythme le plus faible de progression. Les temps correspondant du début de la fissuration et les rythmes de progression de fissuration étaient presque la moitié et double ceux des conceptions conventionnelles respectivement¹.

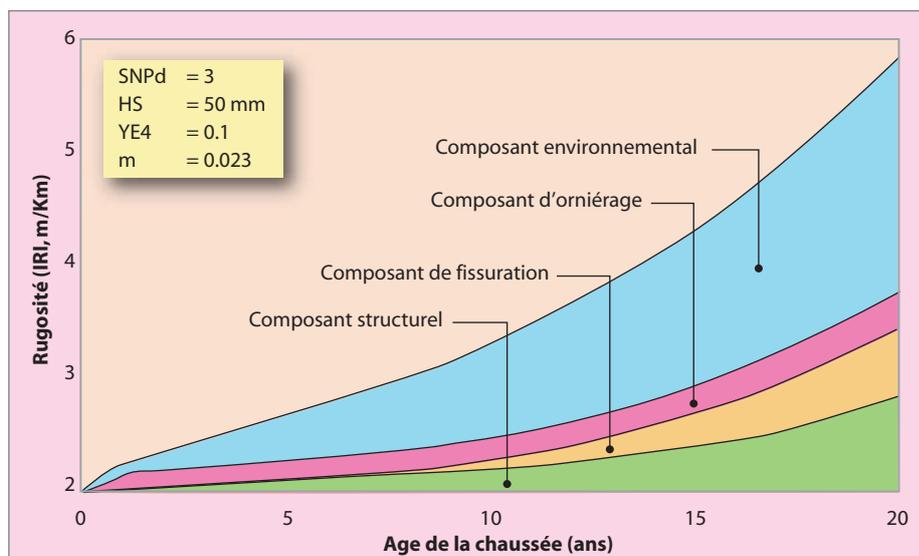


Figure 7.3 - Contribution de différents composants à la rugosité totale anticipée pour une route revêtue à moyens/faibles volumes de circulation¹

Que le risque accru de dégradation soit important dans une localité dépendra en fin du compte des facteurs locaux de climat, de circulation, de conception des chaussées, de construction, de qualité du travail et de l'entretien. En conséquence, la connaissance des rythmes locaux de dégradation sera indispensable. Par contre, des niveaux plus élevés de dégradation et des normes réduites en service résultants peuvent être acceptables du point de vue de l'économie et de l'utilisateur. La tâche, donc, est d'apprécier les risques et de les gérer au sein du cadre de la prise de décisions pour justifier les niveaux de placement (voir Section 5.4.6).

7.2.3 Caractéristiques des RRFVC

Les RRFVC sont généralement construites à des normes géométriques et de conception inférieures à celles des routes à de plus forts volumes de circulation. Ainsi, on peut s'attendre qu'elles auront les caractéristiques suivantes, qui auront des implications importantes pour les opérations d'entretien:

- *Un profil bas de coupe transversale:* qui les rendent plus sensibles à l'entrée de l'eau et à la dégradation générale, c'est-à-dire la dégradation de la coupe transversale qui a des impacts graves sur la performance globale.
- *Les mesures entreprises pour protéger le système de drainage sont généralement minimales* – souvent aboutissant à l'érosion accrue.
- *Des revêtements bitumineux minces sont communs* – en conséquence la fragilité progressive, la pauvre qualité de construction, ou d'autres causes de dommage de la surface peuvent facilement aboutir à l'entrée de l'eau et à la dégradation résultante de la chaussée.
- *Les matériaux dans les assises supérieures de la chaussée sont généralement de nature plastique* – ceci peut aboutir à une perte importante de résistance quand ils deviennent mouillés et à la dégradation accélérée sous la circulation.

7.2.4 Le Défi posé par l'Entretien

La réalisation d'entretien adéquat des RRFVC devient encore plus difficile dans un environnement de fonds limités, où les ressources sont utilisées au maximum pour limiter la dégradation routière.

Le bon entretien des RRFVC représente un défi plus exigeant que celui des RRFVC à des plus forts volumes de circulation. Leurs caractéristiques, surtout leur sensibilité plus importante aux caprices de l'environnement naturel souvent impliquent que – pour empêcher la dégradation rapide – leur entretien devrait être programmé et réalisé plus fréquemment et expéditivement que pour les RRFVC.

Attitudes à l'égard de l'Entretien

Historiquement on a considéré l'entretien comme peu attrayant et mondain. En conséquence, il n'a pas reçu la priorité qu'il mérite. Cette attitude a été renforcée par la préférence de certaines agences d'aide de financer les coûts capitaux plutôt que les coûts récurrents, qui a souvent abouti à un biais contre l'entretien (puisque les gouvernements bénéficiaires cherchaient à utiliser leurs fonds limités pour la nouvelle construction, qui attirera la participation financière maximum de l'étranger).

L'entretien étant souvent considéré comme une responsabilité publique, les fonds alloués pour l'entretien ont été souvent détournés à d'autres secteurs qui sont considérées plus méritantes aux yeux de ceux impliqués dans des décisions de haute niveau. Pendant les années 1980 et le début des années 1990, tels problèmes ont abouti à la dégradation de grandes parties du réseau de grands axes dans beaucoup de pays dans la région de la CDAA. Ceci a contribué aux coûts élevés du transport – quatre ou cinq fois plus élevés que ceux dans les pays développés – résultant en la perte de tout avantage concurrentiel éventuel. Le cycle des effets de l'entretien inadéquat est illustré dans la Figure 7.4.

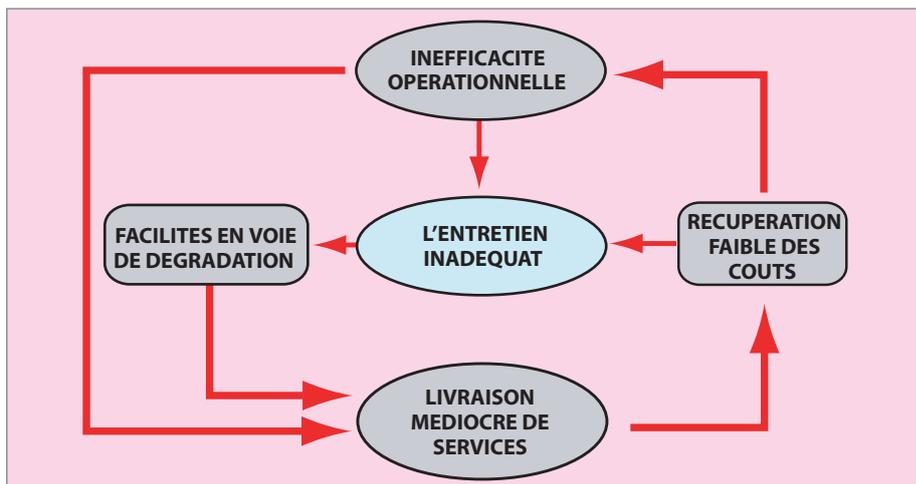


Figure 7.4 - Le cycle vicieux d'entretien inadéquat

Le Financement de l'Entretien

Bien que le concept de protection du placement en immobilisations dans la mise à disposition des routes par le financement opportun de l'entretien routier soit généralement bien compris, la mise en application de ce concept a présenté des problèmes formidables, principalement à cause du manque d'une source durable de financement.

Dans la plupart des pays de la CDAA les dépenses pour l'entretien routier sont généralement inférieures aux niveaux requis pour maintenir le réseau routier en un état stable à long terme. Pire encore, les allocations budgétaires sont souvent réduites à court délai en réponse à des conditions fiscales difficiles, les fonds disponibles sont rarement libérés en temps et les dépenses réelles sont souvent inférieures aux allocations budgétaires agréées. Ceci a abouti à une crise d'entretien dans beaucoup de pays où il existe actuellement une augmentation du nombre de routes en mauvais état. Le résultat net est que le secteur de transports routiers fonctionne nettement au dessous de son niveau optimum, qui a eu un effet néfaste sur beaucoup d'autres secteurs de l'économie domestique.

Cadre 7.1 - Arriéré de l'entretien sur le réseau de grands axes dans la région de la CDAA²

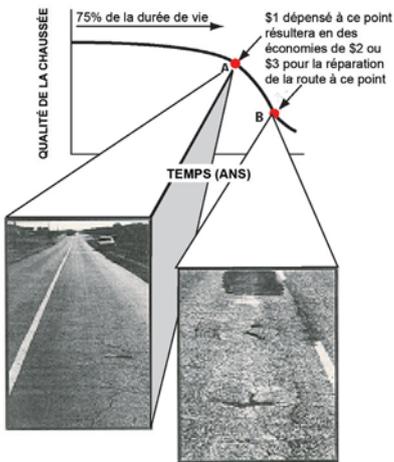
Des investigations récentes indiquent qu'environ 1.7 milliards de dollars américains par an (environ 1 pour cent du PIB de la région) devraient être dépensés sur l'entretien courant des routes de la région, y compris un cycle de rescellage et réhabilitation des routes revêtues. Toutefois, seul un peu plus de la moitié de cette somme est affectée.

PIB (1999)	Dépenses annuels actuels	Besoin annuel estimé	Déficit annuel	Accumulation de l'entretien
165,000	960	1,760	800	6,400

A noter: Tous les chiffres sont en millions de dollars américains

Il est aussi nécessaire de restaurer une longueur importante de grandes axes à une condition qui peut être entretenue, dont le coût estimé est environ 6,4 milliards de dollars américains.

L'impact d'entretien inadéquat



- Les drains se bloquent (résultant en des inondations), les rives sont envahies par la végétation et obscurcissent la visibilité de l'automobiliste, résultant en la croissance d'accidents routiers.
- La surface se dégrade et devient rugueuse, développe des nids de poule; la conduite devient difficile et les coûts d'exploitation des véhicules s'accroissent.
- Bientôt, des tronçons de la route deviennent impraticables pendant de longues périodes de l'année.
- Finalement, et généralement plus tôt que la plupart de gens n'en ont conscience, la route a besoin de reconstruction, souvent à des coûts trois ou quatre fois plus élevés que ceux d'entretien opportun et efficace.
- Si les fonds pour l'entretien manquent, la route est abandonnée, le commerce et les affaires stagnent, les zones rurales deviennent isolées et sont condamnées à la pauvreté sans moyens adéquats de communication.

L'entretien routier inadéquat

Si elles ne reçoivent pas de l'entretien adéquat, les nouvelles routes revêtues se dégradent lentement et presque imperceptiblement pendant la première moitié ou les premiers deux tiers de leur durée de vie en service, après quoi elles se dégradent beaucoup plus vite. Sans l'entretien opportun, tout simplement elles se défont et, en conséquence, les coûts d'exploitation de véhicules – et les frais du transport de biens – s'accroissent rapidement. Pire encore, les opérateurs de véhicules qui doivent payer ces coûts, les répercutent au grand public et le coût de la vie s'accroît.

Dans des zones rurales où les routes souvent deviennent impraticables pendant la saison de pluies, le pauvre entretien routier a un effet profond sur le rendement agricole. Les pauvres routes et les services médiocres de transport ont aussi des effets néfastes sur la mise à disposition des services de santé, de l'enseignement et d'autres services sociaux. Il n'est pas facile de quantifier ces effets, mais ils sont de l'importance primordiale pour les habitants des zones rurales et pour l'élimination de la pauvreté dans le sens le plus large.

Cadre 7.2 - Les coûts résultants du pauvre entretien

Une RRFVC en bonne condition avec une circulation de 200 v/pj a besoin de resceller tous les sept ans pour la maintenir dans cette condition-là, à un coût d'environ 10 000 dollars américains par kilomètre. Ceci a une Valeur Actuelle Nette (VAN), escomptée à 12 pour cent pour 20 ans, de 7 000 dollars américains par kilomètre. Sans l'entretien, la route se dégradera d'une bonne condition à une pauvre condition. Ceci provoquera l'accroissement des coûts d'exploitation des véhicules par environ 2 000 dollars américains par kilomètre, qui équivaut à une VAN de 18 000 dollars américains par kilomètre après être escomptée pour 20 ans. Le rapport avantage/coûts d'un programme d'entretien complètement financé est presque 3!

Le pauvre entretien routier augmente les coûts à long terme de l'entretien du réseau routier. L'entretien d'une RRFVC pour 15 ans coûte environ \$60 000 par kilomètre. Si la route n'est pas entretenue et est laissée se dégrader le long de cette période de 15 ans, le coût de sa remise en état sera environ \$200 000 par kilomètre. Ainsi, la remise en état des routes revêtues tous les dix ou vingt ans est plus de trois fois plus coûteuse, en termes monétaires, que l'entretien régulier, et 35 pour cent plus coûteuse en termes de VAN, escomptée à 12 pour cent par an.

En termes quantitatives, si une route n'est pas entretenue et est laissée se dégrader d'une bonne condition à une pauvre condition, chaque dollar économisé par la non réalisation de l'entretien fait accroître les coûts d'exploitation des véhicules de 2 à 3 dollars. Ainsi, comme indiqué dans la Figure 7.5, *loin de faire des économies monétaires, la réduction de l'entretien routier augmente les coûts du transport routier et augmente le coût net pour l'économie dans son ensemble. Ce fait est très puissant, et les agences routières peuvent s'en servir pour convaincre le gouvernement des coûts élevés payés par les pays en conséquence du financement inadéquat de l'entretien routier.*

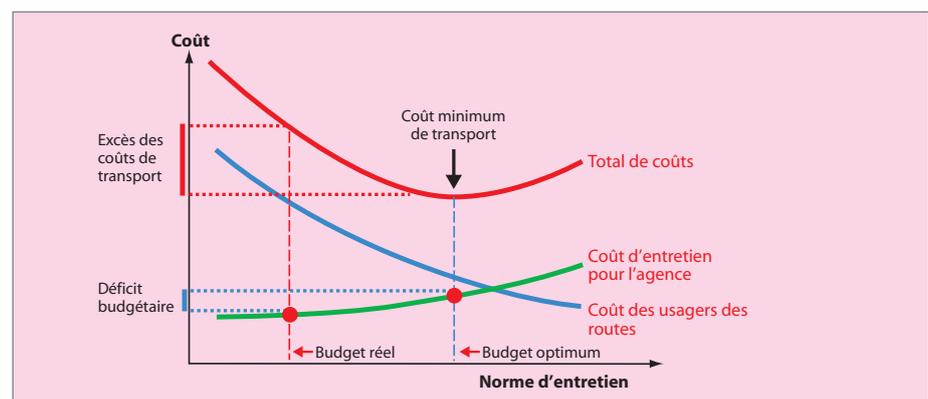


Figure 7.5 - Rapport entre les normes d'entretien et les coûts de transport



La surcharge des véhicules a un effet néfaste sur la sécurité routière.

Contrôle de la Surcharge

Afin de protéger leurs vastes placements dans l'infrastructure routière, tous les pays de la CDAA ont promulgué des Codes de la Route qui stipulent les limites des charges par essieu admissibles et des poids bruts des véhicules. Le but de ces limites est d'assurer que les routes durent pour toute leur durée de vie de calcul avec des dépenses ordinaires pour l'entretien. Malheureusement la surcharge est très répandue dans la plupart des pays, avec des taux de surcharge atteignant 50 pour cent. Ces surcharges résultent non seulement en dommage routier disproportionné, à cause du rapport exponentiel entre la charge par essieu et le dommage à la route, mais elles contribuent également au pauvre record de sécurité routière dans beaucoup de pays. Par conséquent, le contrôle des surcharges est particulièrement important sur les RRFVC.

Malheureusement, les approches actuelles et conventionnelles au contrôle des surcharges, dirigées par les gouvernements ont été inefficaces dans beaucoup de pays pour les raisons suivantes:

- Les systèmes actuels résultent en une réponse criminelle avec de pauvres taux de condamnation
- Les opérations en régie avec du personnel mal payé sont sensibles à des abus
- il n'y a aucun rapport entre le niveau des amendes et le dommage à la route
- Les contraintes du système de justice criminel résultent en l'attachement un niveau faible de priorité aux contraventions concernant la surcharge
- Les administrations routières n'ont souvent qu'un rôle limité dans le règlement de la surcharge
- La conservation de l'infrastructure routière n'est pas le but principal des systèmes actuels.

On a besoin donc d'une nouvelle approche et on a développé une stratégie de la réforme des politiques de charges de véhicules pour la région, qui constituera des annexes au Protocole de la CDAA sur les Transports, Communications et la Météorologie.

Les éléments principaux de cette initiative sont:

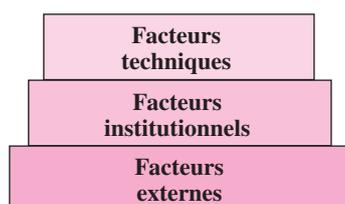
- L'établissement d'une Association Régionale de Contrôle de la surcharge
- L'élaboration d'une stratégie régionale pour le contrôle de la surcharge
- l'opération d'un système auto-régulateur par les opérateurs de transports
- La décriminalisation des contrevenants par l'imposition des frais de surcharge
- L'établissement d'un rapport entre le niveau des frais imposés et les coûts réels du dommage routier
- La remise des opérations des ponts de pesée au secteur privé.

7.2.5 Les Leçons Apprises

L'inefficacité des opérations d'entretien, de la gestion et du financement des RRFVC (et, en fait, de tout genre de route) dans la région de la CDAA a été l'objet de beaucoup d'études et d'investigations par des organismes internationaux et locaux. Il a été établi que les pires cas de l'inefficacité de l'entretien se trouvent dans les pays où toutes ou certaines des conditions suivantes existent, pas nécessairement par ordre d'importance:

- Un cadre institutionnel faible dont le problème est qu'il y a des taux élevés de postes non pourvus et qu'il devrait dépendre du personnel contractuel
- Beaucoup de travail d'entretien réalisé en régie avec de la dépendance de l'équipement obtenu "gratuitement" des parcs gouvernementaux d'équipements
- Manque de systèmes de base de gestion et de procédés, qui a compromis la capacité des agences routières de gérer leurs réseaux routiers d'une façon satisfaisante

Hiérarchie de questions de gestion (Adaptée de Brooks et autres, 1989)



Si l'amélioration des cadres externes et institutionnels n'est pas réalisée préalablement, il sera extrêmement difficile de maîtriser les nombreux problèmes techniques et ceux concernant les ressources humaines, qui entravent la réalisation de la gestion efficace des réseaux routiers dans la région de la CDAA.

- Le règlement médiocre de divers aspects de la gestion routière, y compris le contrôle de la surcharge
- La participation inadéquate des collectivités dans l'entretien.

Il est évident que les questions-clés citées ci-dessus sont essentiellement sociales et organisationnelles plutôt que techniques. Elles confirment l'opinion générale naissante dans la région de la CDAA que beaucoup de problèmes associés avec la gestion inefficace des réseaux routiers sont des symptômes d'un problème plus sérieux. Les causes réelles sont les structures institutionnelles faibles de la gestion et du financement des routes.

Nouvelles approches

Comme indiqué dans le Chapitre 2, par le Protocole sur les Transports, Communications et Météorologie de la CDAA³, la région de la CDAA s'est lancée dans un programme de réforme du secteur routier, qui a résulté en des changements fondamentaux de la manière d'entreprendre et financer l'entretien routier.

Cadre 7.3 - Nouvelles approches aux opérations d'entretien routier, à la gestion et au financement dans la région de la CDAA

Une nouvelle approche à l'entretien routier, dans tous ses aspects, est en train d'apparaître dans la région de la CDAA. On ne la considère plus comme un thème mondain pour des ingénieurs de second ordre. Aujourd'hui l'entretien fonctionne dans un environnement changé et avec une approche changée. Il occupe une position-clé chez les agences routières comme un concept qui embrasse le besoin de conserver le patrimoine routier, de mettre un service amélioré à la disposition des usagers des routes et de contribuer à la qualité de l'environnement. Des sources durables de financement de l'entretien routier se trouvent de plus en plus parmi les usagers des routes.

7.3 Gestion de l'Entretien

7.3.1 But principal

La gestion de l'entretien est essentiellement un moyen systémique de planification, de programmation, d'élaboration du budget, de contrôle, de collecte de données, de suivi etc. Conjointement avec les procès de planification, d'évaluation et de conception routières, elle cherche à assurer que les activités correctes sont effectuées sur le réseau au bon moment et à la qualité voulue. Le défi est d'établir des politiques qui peuvent contribuer les plus grands avantages aux collectivités, tout en soutenant les buts nationaux larges.

La réalisation de diverses activités interdépendantes associées avec la gestion de l'entretien peut être facilitée par l'utilisation d'un système approprié de la gestion de l'entretien. Un tel système devrait être bien conçu et on devrait réfléchir longuement à la recherche d'une stratégie de son développement, qui devrait être basée sur des méthodologies, des techniques et des ressources qui correspondent aux circonstances locales.

7.3.2 Inventaire

Un inventaire routier est requis pour toute fonction d'entretien. On s'en sert comme une référence de base de la planification et réalisation d'inspections par rapport à un système de références aux locations. Les éléments essentiels comprennent des nœuds routiers, le nom et la longueur de la route, le classement fonctionnel, le genre de la chaussée et le genre du revêtement.

L'inventaire consiste d'une série d'informations concernant les caractéristiques mécaniques de base du réseau routier et est essentiel pour toute fonction gestionnaire. Il définit les caractéristiques-clés de chaque section de la route et est une source indispensable de référence pour l'inspection et l'analyse. Le contenu de l'inventaire devrait avoir un rapport direct à la gestion de l'entretien. A sa première élaboration, il devrait être le plus simple possible et seul des informations sur les points suivants seront nécessaires:

- Nom de la route
- Classement fonctionnel
- Longueur de la section
- Genre de revêtement et de construction
- Largeur de la coupe transversale.

A mesure que l'inventaire se crée, des informations supplémentaires sur tout facteur influençant les activités de gestion peuvent être ajoutées. De plus, des données concernant la répartition et les caractéristiques mécaniques des sols seront utiles pour l'identification de sources éventuelles de matériaux d'entretien. La collecte des données d'inventaire, ainsi que leur maintien à jour, est coûteuse. En principe l'inventaire devrait être le plus simple possible et non surchargé d'informations inutiles.

7.3.3 Composants

Il y a quatre composants différentiels interdépendants de l'entretien routier qui, ensemble, constituent un cadre pour aborder le défi d'entretien⁴. Comme indiqué dans la Figure 7.6, ces composants sont: la Planification, la Programmation, la Préparation et les Opérations.

Gestion de l'entretien routier

Au niveau pratique, la gestion de l'entretien routier cherche à assurer que les activités correctes sont effectuées sur le réseau au bon moment et à la qualité voulue. Le défi est d'établir des politiques qui peuvent contribuer les avantages maximums aux communautés, tout en soutenant les buts nationaux larges.

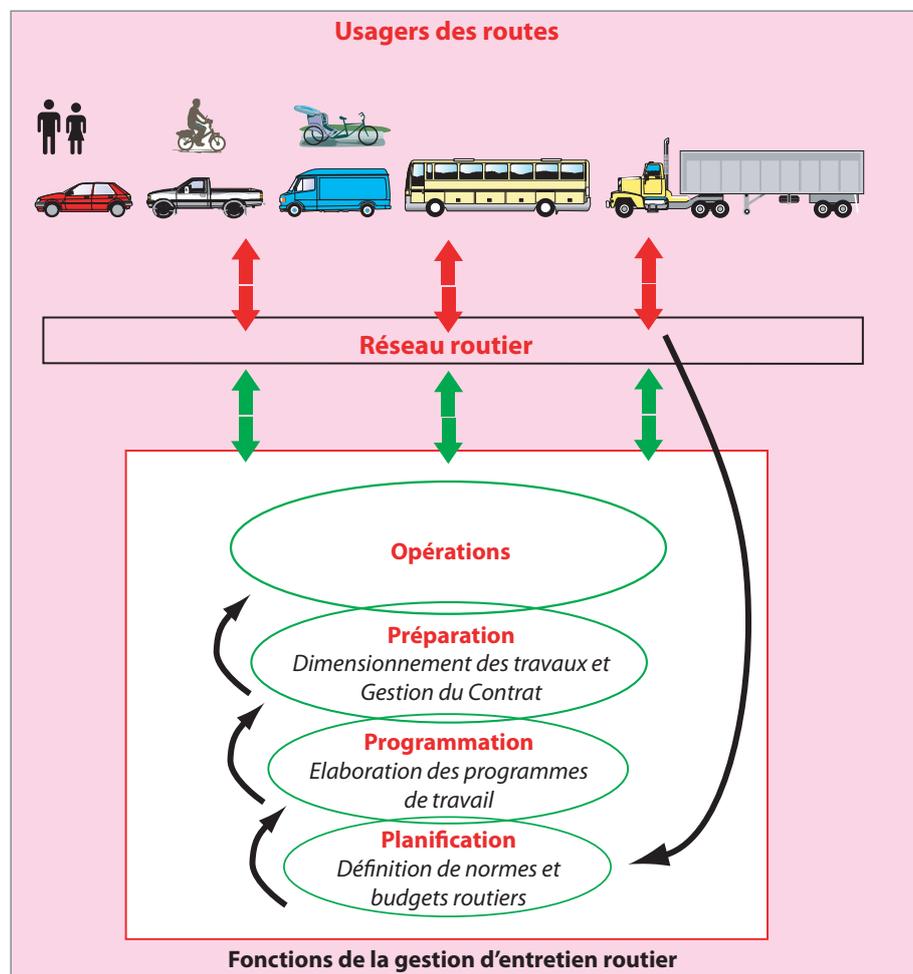


Figure 7.6 - Les fonctions de la gestion d'entretien routier par rapport au réseau routier et aux usagers des routes⁵

Une des implications de la Figure 7.6 est que – si l'entretien routier au point de livraison devrait être optimisé – il y a aussi le besoin d'optimiser les fonctions de haut niveau de planification, de programmation et de préparation. Cependant les fonctions de plus haut niveau devront refléter les besoins des usagers des routes – un problème qui a assumé de signifiante accrue, avec les approches plus commercialisées à la gestion routière qui sont actuellement suivies dans la région de la CDAA, dans laquelle les usagers des routes sont devenus des "clients" des agences routières qui, à leur tour, sont devenues des "fournisseurs de services". Le défi est de fixer des politiques qui peuvent contribuer les plus grands avantages aux parties intéressées, tout en soutenant les buts nationaux larges.

Une conclusion importante émanant de la figure ci-dessus est que tout changement heureux destiné à améliorer les opérations d'entretien sur les réseaux routiers de la CDAA devrait être poussé par les besoins des usagers et du réseau ("du bas en haut"), tout en soutenant les buts nationaux larges du développement économique et de l'allègement de la pauvreté. Le reste de ce chapitre concentre sur ces problèmes dans le contexte du cycle de gestion de l'entretien des RRFVC.

7.3.4 Cycle de Gestion

La gestion de l'entretien cherche à réaliser les objectifs de la politique d'entretien par une série de fonctions bien définies, organisées et mises en application. Ces objectifs traitent des décisions tant à long terme qu'à court terme et s'occupent du réseau global, des sous-réseaux et des sections individuelles de la route. La suite d'activités consiste en un cycle qui commence avec la planification et continue avec la programmation, préparation et puis les opérations, comme indiquée dans la Figure 7.7^{4, 6}.

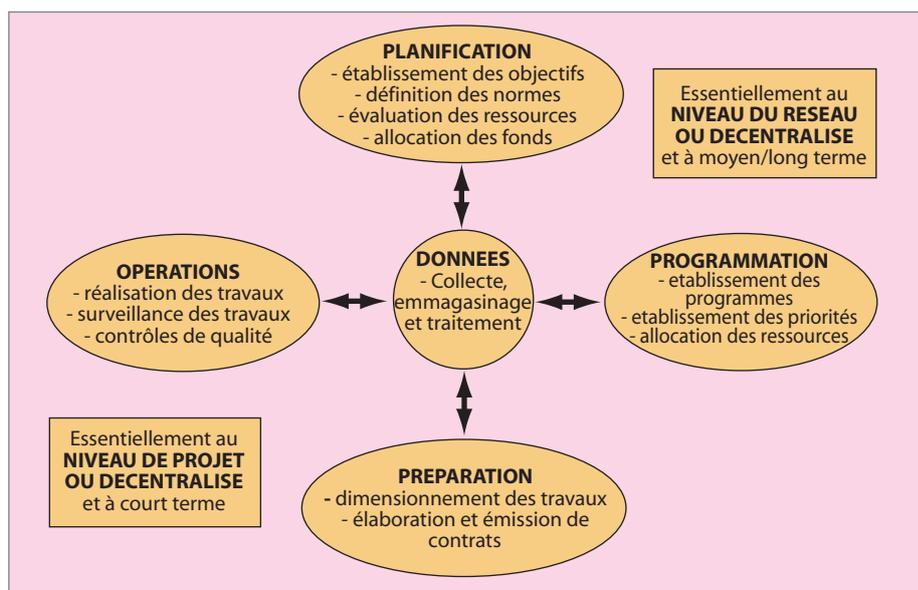


Figure 7.7 - Cycle et portée des fonctions de la gestion de l'entretien

Les questions suivantes sont importantes pour les RRFVC mais ne leur sont pas exclusives:

- La gestion efficace dépend de la disponibilité des données suffisamment compréhensives concernant tous les biens, la circulation et les coûts.
- La participation ou la représentation, au plus haut niveau, c à d, la planification du réseau, est généralement indispensable afin d'assurer que des ressources adéquates sont disponibles pour l'entretien.
- Quoique la programmation générale et la priorisation puissent être réalisées à un niveau central, de programmation plus détaillée bénéficiera de la connaissance plus profonde et de la participation des communautés locales.

A chaque étape, des procédés sont nécessaires pour conseiller le personnel dans leurs tâches et devraient constituer la base de systèmes plus formels de gestion qui, dans le cas de routes revêtues à forts volumes de circulation, peuvent comprendre des systèmes simples à main ou à tableur.

Ayant défini la nature d'entretien en termes généraux, les sections suivantes traitent de l'environnement opérationnel au sein duquel l'entretien se trouve, dans l'intention d'offrir des solutions aboutissant à sa réalisation plus efficace.

7.3.5 Politique et Organisation de l'Entretien

Un cadre de politique est requis afin de fournir le contexte au sein duquel l'entretien routier est effectué dans la région de la CDAA. On s'attend que les politiques de l'entretien soutiendraient les politiques gouvernementales dans le secteur routier. De plus en plus les politiques d'entretien concentrent sur les questions nationales plus larges ayant rapport à la réalisation des buts socio-économiques, à la participation accrue du secteur privé et l'attention accrue à la satisfaction des attentes des usagers.

Cadre 7.4 - Objectifs typiques des politiques d'entretien pour des RRFVC

Des exemples d'objectifs typiques des politiques qui sont indispensables pour assurer que l'entretien est effectué en une manière durable sont donnés ci-dessous:

- L'allégement de la pauvreté par la création d'emplois et par l'utilisation associée de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre dans la mesure du possible
- La participation de la communauté locale dans la planification et réalisation de l'entretien des installations routières rurales
- La participation du secteur privé (des entrepreneurs locaux) dans l'entretien routier (plutôt que d'effectuer cet entretien en régie)
- L'utilisation des méthodes les plus coût-efficaces pour l'entretien routier plutôt que des méthodes les plus avancées techniquement
- La minimisation de l'impact sur l'environnement de développements des ressources de matériaux par l'adoption des Evaluations des Impacts sur l'Environnement
- L'utilisation de normes d'entretien qui équilibrent les coûts de durée de vie (les coûts de construction et d'entretien routiers et les coûts d'exploitation des véhicules)
- L'emploi de documents simples de contrat qui sont appropriés pour des menus entrepreneurs.

Le protocole de la CDAA sur les Transports, Communications et la Météorologie envisage la création d'un cadre institutionnel qui différencie nettement entre les rôles joués par les parties intéressées du secteur routier dans la formule des politiques, ceux joués dans la réalisation des politiques et ceux dans la réalisation des travaux. Ces dispositions sont illustrées plus haute, dans l'Introduction Générale de ces Directives (Chapitre 2, Figure 2.5 – Cadre Institutionnel de la CDAA). Ceci représente un changement important des dispositions antérieures qui ont abouti, de façon ou d'autre, à la crise d'entretien routier des années 80 et 90.

Un autre changement important a rapport au secteur privé, qui participe actuellement comme des entrepreneurs de l'entretien routier et comme consultants de la gestion des réseaux. La nature des contrats peut être de long terme et est basée sur des résultats, par contraste aux approches plus traditionnelles des "listes des tarifs".

On peut s'attendre que les agences régionales, étant plus autonomes qu'auparavant, peuvent participer à l'établissement de priorités et que les communautés peuvent également livrer des services au niveau des opérations.

Tableau 7.3 - Fonctions des diverses parties intéressées du secteur routier

Fonction	Buts typiques	Couverture spatiale	Organismes impliqués
Politique	Elaboration de politique. Elaboration des objectifs stratégiques. Définition des normes.	Tout le réseau.	Ministère.
Planification stratégique	Etablissement des ressources pour le soutien des normes et objectifs définis.	Tout le réseau.	Agence routière (QG) avec l'approbation des conseillers politiques du Ministère.
Programmation	Détermination du programme de travail qui peut être réalisé pendant la période couverte par le budget et dans les limites imposées par la disponibilité des ressources, y compris les priorités locales.	Tout le réseau à toute la région ou tout le sous-réseau.	Agences régionales ou Consultant et les Entrepreneurs et les Communautés.
Préparation	Dimensionnement des travaux. Elaboration et émission de contrats et des instructions du travail	Sous-réseau, tronçon routier, section ou projet.	Agences régionales ou Consultants et Entrepreneurs
Opérations	Entreprise de tâches comme partie des activités de chantier.	Sous-réseau, tronçon routier, section ou projet.	Entrepreneurs et Consultants et Communautés.
Suivi et Evaluation	Evaluation de la réalisation contre la performance, le produit fini et les cibles financières.	De tout le réseau jusqu'au niveau du projet.	Représentants de toutes les fonctions, y compris le Conseil du Fonds Routier.

7.3.6 Normes d'Entretien

Dans les situations de budgets restreints qui prédominent dans la plupart des pays de la CDAA, des normes d'entretien et des niveaux liés de service pour les usagers devraient être fixés, si possible, sur la base de minimiser les coûts globaux des transports tout au long de la durée de vie du tronçon routier. Si l'entretien est effectué trop fréquemment, où à une norme trop élevée, l'entretien réalisé sera coûteux plus que de raison et les ressources seront gaspillées, de même qu'elles le seront si la quantité de l'entretien réalisé est inadéquate.

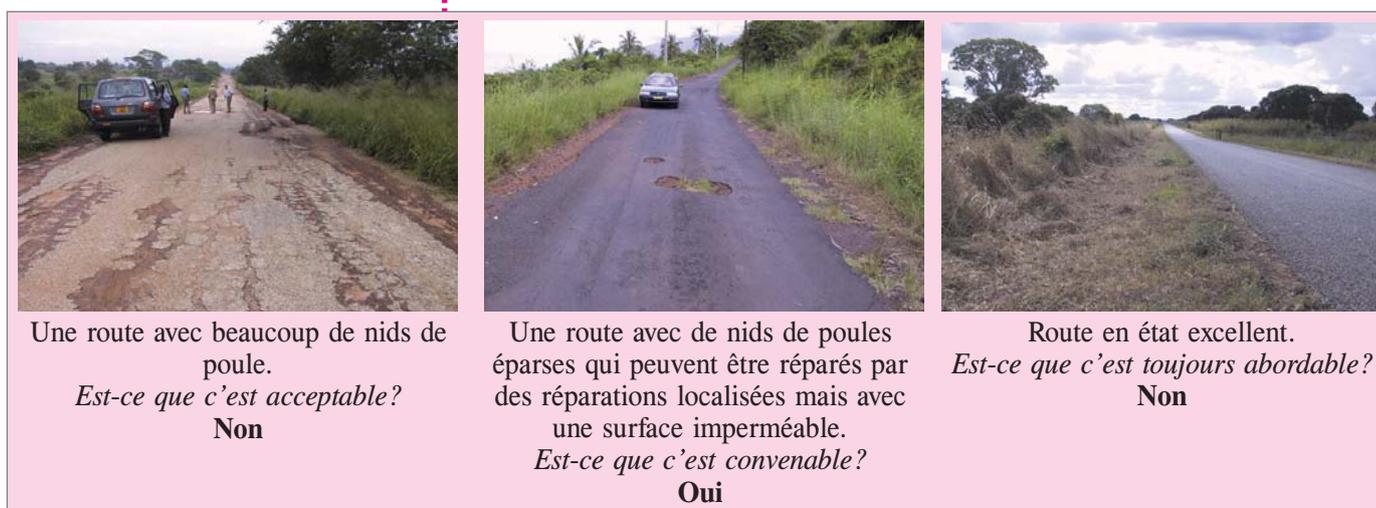


Figure 7.8 - Sélection de normes appropriées d'entretien

Dans le cas des RRFVC, la gamme de choix est typiquement pareil à celle illustrée dans la Figure 7.8. Dans beaucoup de cas l'exemple au milieu de la figure souvent rendra la solution la plus appropriée, mais ceci dépendra des circonstances locales et du degré de sa concordance avec les opinions actuelles des décideurs politiques, des usagers, des ingénieurs et des planificateurs.

L'ingénieur et le planificateur devront spécifier une norme appropriée pour tout genre d'entretien et, plus important encore, devront pouvoir la justifier aux décideurs politiques et le public payant. Ils devront aussi être souples et prendre en compte les circonstances locales. Leurs réponses peuvent varier d'une stratégie compréhensive d'entretien "total", où l'objectif serait de minimiser les coûts des transports le long de la durée de vie, à une stratégie minimum qui facilitera la réalisation de normes d'accès "de base". Il est peu probable qu'une stratégie de minimisation des coûts des usagers de la route, qui est la possibilité la plus coûteuse, sera promue par les parties intéressées.

Des exemples typiques des normes courants d'entretien, des niveaux d'intervention et des procédés de travail, par rapport à la fonction de la route, sont donnés dans le Tableau 7.4. Des normes et stratégies d'entretien semblables peuvent être élaborées pour l'entretien périodique. Il existe beaucoup de modèles pour ces analyses (par ex. HDM 4, DER), mais la possibilité de leur mise en application devient de plus en plus douteuse lorsque les économies chez les usagers des routes sont petites par rapport au coût de la route. Dans telles situations, des stratégies de minimisation des coûts constituent une alternative judicieuse, *sans compromettre la sécurité routière*.



Le rescelllement est une activité typique de l'entretien périodique.

Tableau 7.4 - Normes typiques d'entretien courant

Activités	Norme		
	A	B	C
	Routes stratégiques/primaires TMJA > 150	Routes Secondaires/tertiaires 50 < TMJA < 150	Routes secondaires/ tertiaires TMJA < 50
Coupage des herbes	Hauteur des herbes ≤ 30cm	Hauteur des herbes ≤ 30cm, où la distance de visibilité devrait être maintenue	Si le besoin s'en fait sentir
Enlèvement des obstacles	Dégagez la chaussée tout de suite; Dégagez le reste de l'emprise routière et faites les réparations dans un délai de 5 jours	Dégagez la chaussée tout de suite; Dégagez le reste de l'emprise routière et faites les réparations dans un délai de 10 jours	Dégagez la chaussée tout de suite; Dégagez le reste de l'emprise routière et faites les réparations dans un délai de 60 jours
Dégagement/réparation des ponceaux	Dégagement et réparations avant la saison des pluies; Dégagez une fois par semaine pendant la saison des pluies; Faites des réparations dans un délai de 20 jours	Dégagement et réparations avant la saison des pluies; Dégagez toutes les deux semaines pendant la saison des pluies; Faites des réparations dans un délai de 30 jours;	Dégagement et réparations avant la saison des pluies et, en cas de besoin, pendant la saison des pluies
Dégagement/réparation des ponts	Comme ci-dessus	Comme ci-dessus	Comme ci-dessus
Contrôle/réparations de l'érosion	Comme ci-dessus	Comme ci-dessus	Comme ci-dessus
Dégagement des drains	Les dégagez dans un délai de 5 jours quand la profondeur du drain est réduit de >20%	Les dégagez dans un délai de 10 jours quand la profondeur du drain est réduit de >30%	Les dégagez dans un délai de 20 jours quand la profondeur du drain est réduit de >50%
Réparations des nids de poule	Réparez les nids de poule dans un délai de 2 jours	Réparez les nids de poule dans un délai de 2 jours si le nombre de nids de poule dépasse 5 par Km ou pendant la saison des pluies. Autrement les réparez dans un délai de 10 jours	Réparez les nids de poule dans un délai de 5 jours si le nombre de nids de poule dépasse 10 par Km ou pendant la saison des pluies. Autrement les réparez dans un délai de 20 jours
Réparations localisées superficielles	Réparez dans un délai de 2 jours	Réparez dans un délai de 5 jours	Réparez dans un délai de 10 jours
Scellement des fissures	Scellez toutes les fissures avant le commencement de la saison des pluies. Scellez tout de suite pendant la saison des pluies. A d'autres temps les scellez dans un délai de 5 jours si la longueur du tronçon routier dépasse 10m ou si la largeur de la fissure dépasse 3mm	Scellez toutes les fissures avant le commencement de la saison des pluies. Scellez tout de suite pendant la saison des pluies. A d'autres temps les scellez dans un délai de 10 jours si la longueur du tronçon routier dépasse 50m ou si la largeur de la fissure dépasse 3mm	Scellez toutes les fissures avant le commencement de la saison des pluies. Scellez tout de suite pendant la saison des pluies. A d'autres temps les scellez dans un délai de 20 jours si la longueur du tronçon routier dépasse 50m ou si la largeur de la fissure dépasse 3mm
Réparations des rives	La chute aux rives ne devrait pas excéder 15mm. La rectifiez dans un délai de 10 jours	La chute aux rives ne devrait pas excéder 25mm. La rectifiez dans un délai de 20 jours	La chute aux rives ne devrait pas excéder 25mm. La rectifiez dans un délai de 30 jours

A noter: Adapté du TRL (2003)⁷



Enquête visuelle de l'état des routes.



La mesure de la capacité portante avec des poutres Benkelman.



On peut mesurer la rugosité en utilisant des dispositifs de mesure rapide ou lente, tels que l'Intégrateur de Chocs ou le dispositif Merlin.

7.3.7 Evaluation des Besoins

Des enquêtes de l'état des routes sont un aspect important du processus d'entretien et sont réalisées pour déterminer les besoins et, en conséquence, les priorités. Ces enquêtes sont généralement effectuées en deux étapes:

- Enquête visuelle du réseau – pendant la première étape un ingénieur ou technicien supérieur entreprend une inspection visuelle du réseau en voiture pour identifier les sections qui probablement ont besoin du traitement.
- Essais détaillés de la chaussée – la deuxième étape nécessite la participation d'une petite équipe, menée par un technicien, dont la tâche est de déterminer les exigences pour des travaux réactifs et périodiques, et d'identifier les sections où des investigations détaillées sont requises préalablement à la réalisation des travaux curatifs.

La Figure 7.9 est un organigramme des enquêtes de l'état des routes. Des enquêtes visuelles de l'état, y compris un tour en voiture sur le réseau, sont généralement adéquates pour des RRFVC, avec une enquête à pied réalisée sélectivement sur les sections où des travaux importants semblent être requis. Les essais détaillés de la chaussée, par exemple en utilisant le DPT, la poutre Benkelman ou le PDC, sont nécessaires pour le dimensionnement des travaux de remise en état, mais ceci n'est pas la préoccupation principale de ces Directives. On a développé le concept de Niveaux de Qualité d'Informations (NQI)⁸ avec un niveau de détail qui est approprié pour les RRFVC.

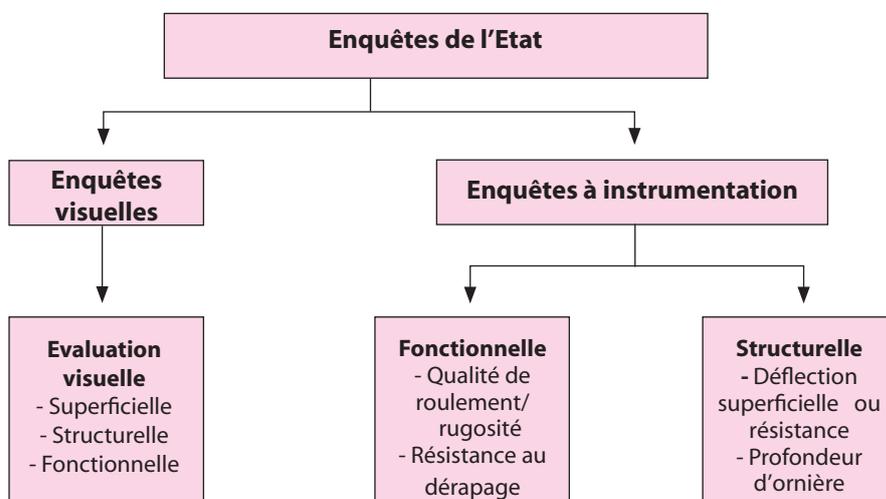


Figure 7.9 - Organigramme des tâches d'enquêtes de l'état des routes

Les genres usuels de données de l'état des routes collectées pendant les enquêtes sont donnés dans le Tableau 7.5.

Tableau 7.5 - Elements des données d'état

Catégorie de données	Elements des Données	
Visuelles (suivies, s'il y a lieu, par une inspection et mesure plus détaillées)	<ul style="list-style-type: none"> • Texture • Défaillance du revêtement • Fissures superficielles • Fissuration en massifs • Peau de crocodile • Fissures longitudinales • Fissures transversales • Pompage 	<ul style="list-style-type: none"> • Perte d'agrégats • Etat du liant • Ressuage/remontée • Orniérage • Tassement • Réparations localisées • Nids de poule
Visuelle et/ou à l'instrumentation	<ul style="list-style-type: none"> • Déflexion (DPT ou Poutre Benkelman) • PDC • Profondeur d'ornière • Qualité de roulement/rugosité • Résistance au dérapage • Drainage superficiel • Coupe transversale 	<ul style="list-style-type: none"> • Essais de laboratoire • Drainage latéral • Etat des accotements • Rupture de rive • Praticabilité

Il est préférable que des mesures directes de tout genre de panne soient rapportées pour les buts de la gestion de l'entretien routier plutôt que de combiner plusieurs genres de panne en un indice unique. Ceci est parce que les genres différentiels de panne souvent nécessitent des traitements différentiels. Un indice combiné obscurcit les niveaux de sévérité de différents genres de panne, résultant en la difficulté d'identifier le traitement optimum. Néanmoins, un indice combiné, tel que l'Indice d'Aptitude au Service (IAS) peut être utile pour le reportage de l'état des routes à des non spécialistes, dont leur compréhension et appréciation de la signification technique des genres différentiels de panne qui puissent se produire, sont peu probables.

Sans tenir compte de la catégorie routière, les mesures de panne devraient être réalisées tous les trois ans, avec les statistiques étant présentées dans les courbes de distribution cumulative pour chaque catégorie de route, comme illustrées dans la Figure 7.10. On peut l'utiliser pour illustrer l'état actuel du bien routier par rapport aux valeurs de cible et aux états antérieurs et actuels.

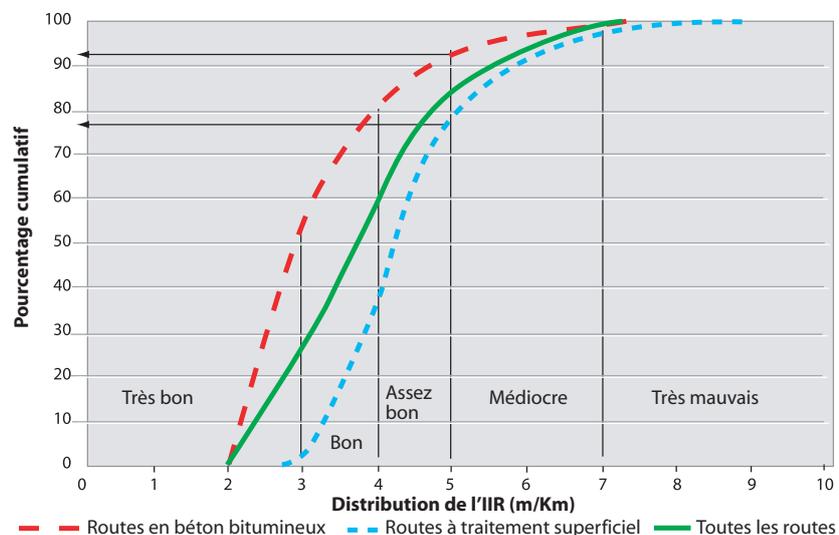


Figure 7.10 - Exemple d'une distribution cumulative de rugosité des catégories différentes des routes

7.3.8 Détermination des Priorités

Même si des normes ont été élaborées sur une base économique ou en soutien d'objectifs politiques, le fait que les allocations budgétaires sont invariablement moins que la somme requise entraîne la nécessité de faire des choix. Les genres de choix comprennent:

- (a) Différer le placement de fonds jusqu'au moment où des fonds supplémentaires sont disponibles
- (b) Abaisser les normes
- (c) Effectuer certaines activités plutôt que d'autres.

Des approches différentes sont disponibles pour la priorisation de travaux. Certaines dépendent du genre de la route, du genre des travaux et des niveaux de circulation, tandis que d'autres prennent en compte des questions telles que la population desservie, les indices économiques, les indices sociaux et l'importance stratégique. Elles sont souvent appliquées de façon différente à des routes revêtues ou non revêtues et à des routes à volumes importantes ou faibles de circulation.

Trois approches sont présentées ci-dessous, qui s'étendent sur la gamme de techniques disponibles et qui peuvent être utilisées pour se compléter. Elles abordent la gamme de questions et de conflits potentiels qui sont importants pour des routes revêtues à faibles volumes de circulation. Celles-ci sont:

- La méthode de choix du traitement (TRL, 1987)⁷
- Les méthodes basées sur le coût-efficacité
- Les méthodes de déterminer les VANS économiques et d'établir le rapport entre la VAN et les coûts.

Méthode de Choix du Traitement: Dans cette méthode les fonds sont désignés pour des activités "essentiels" d'entretien, telles que la réalisation des travaux d'urgence, la restauration de l'accès (sur des sections restreintes), l'entretien du drainage et la conservation de la patrimoine. Les fonds restants sont partagés parmi les routes à plus fortes volumes de circulation pour lesquelles des traitements plus coûteux sont justifiés, les travaux non financés étant différés ou d'autres sources de fonds étant cherchées. Elle est tant simple que souple, puisque l'utilisateur peut spécifier l'ordre d'importance, basée sur les priorités locales. Il existe un étayage économique puisqu'il est largement reconnu que l'entretien courant a un rendement économique plus intéressant que celui d'une intervention qui n'a lieu qu'après de panne important s'est déjà produite.

Tableau 7.6 - Exemple de la "Méthode de Choix du Traitement"

Hiérarchie des Activités d'Entretien	Priorité							
	Hiérarchie de la Circulation							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Gamme de trafic (vpj)	Stratégique	> 1000	500-1000	200-500	> 200	< 200	50-200	< 50
Genre de revêtement	R	R	R	R	NR	R	NR	NR
L'urgence	1	7	8	9	10	11	12	13
Drainage cyclique	2	14	15	16	17	18	19	20
Travail réactif sur la chaussée	3	21	24	27	30	33	36	39
Entretien périodique préventif	4	22	25	28	31	34	37	40
Autres activités cycliques/réactives	5	23	26	29	32	35	38	41
Renforcement/reconstruction	6	42	43	44	45	46	47	48

A noter: R = revêtue, NR = non revêtue

Des méthodes basées sur le coût efficacité: Ces méthodes introduisent d'autres considérations dans le processus de priorisation qui ne sont pas abordées par les approches conventionnelles de l'économie des transports. Ces considérations comprennent:

- L'importance de la population desservie
- La pondération pour le degré de pauvreté dans les collectivités
- Le potentiel de développement de l'agriculture ou d'autres activités
- Le nombre de services sociaux ou d'autres genres de services.

Cette approche pourrait être plus convenable pour des routes collectrices de campagne, où la région géographique qui bénéficie de l'amélioration peut être définie avec précision. Elle se prête également de mise en application au niveau local par la participation directe des représentants de différents groupes des parties intéressées. A cet égard, il faut aussi se référer au Chapitre 3.

Des méthodes de VAN et de VAN/Coûts: Ces méthodes sont appropriées pour des routes à relativement forts volumes de circulation qui dépendent des avantages pour les usagers pour la justification économique des interventions d'entretien. Elles sont utilisées dans des modèles tels que HDM-4 ou DER, qui sont décrits dans le Chapitre 3.

7.3.9 Systèmes et Outils de Gestion

Dans la région de la CDAA, où le financement du secteur routier généralement ne marche pas de pair avec les besoins, il est d'importance primordiale que les fonds limités sont affectés aux composants concurrents du système routier de façon optimale. Cependant, même avec les meilleures intentions du monde, la détermination de cet équilibre ne peut pas être évaluée d'une manière compétente par des méthodes traditionnelles qui généralement reposent sur des normes fixées, le jugement subjectif sur et l'intuition. De plus, on ne peut pas élaborer des stratégies appropriées de financement et de fixation des coûts pour l'encouragement de l'utilisation plus efficace des ressources dans le secteur routier.

A cette fin, l'emploi d'un Système de Gestion Routier convenablement structuré peut aider considérablement les agences routières à gérer et financer leurs réseaux routiers efficacement.

Les objectifs principaux d'un Système de Gestion Routier sont:

- De fournir un moyen systémique et structuré de dresser des programmes annuels de travail, les besoins en ressources et les budgets, tous basés sur des normes économiques optimaux
- D'assurer une répartition équitable des fonds dans tout le pays et de faciliter la détermination rationnelle de priorités si les fonds disponibles ne sont pas suffisants
- D'autoriser et de dresser le programme de travail
- De fournir un système de suivi de l'efficacité des travaux d'entretien.

Les avantages éventuels des systèmes efficaces de gestion routière sont bien documentés. Cependant, peu de ces systèmes ont été durables dans des pays en voie de développement. Les difficultés actuelles résultent en partie des ressources considérables requises pour leur mise en application de manière efficace, surtout la collecte des données de base mêmes et les attentes trop ambitieuses des usagers. Des éléments-clés, tels que l'importance des normes coût-efficaces, des méthodes éprouvées de sélection et de priorisation et de la qualité du rendement du service souvent ne reçoivent pas d'attention suffisante.

L'expérience dans la région de la CDAA et ailleurs indique que la dimension "institutionnelle" a souvent été fortement négligée et que, si les fondements et l'engagement requis pour la durabilité n'existent pas, les systèmes tomberont en désuétude et deviendront inefficaces. Ceci est devenu la centre d'intérêt dans la région à cause du procès de réforme routier et des changements conséquents des responsabilités, qui ont des objectifs basés sur les résultats et exigent de transparence et de responsabilité accrues.

Pour qu'un système de gestion routière soit durable, l'engagement des cadres supérieurs est indispensable. Toutefois, la complexité et des exigences excessives de ressources, surtout aux premières étapes, sont des risques graves. La durabilité est possible si une approche progressive de son introduction est adoptée, en débutant avec un système simple nécessitant la collecte modeste de données en accord avec la capacité institutionnelle actuelle de l'agence routière. Une conception modulaire intégrée devrait être employée pour faciliter l'expansion et des améliorations ultérieures et celles-ci devraient être introduites progressivement au fur et à mesure que le fonctionnement du système est institutionnalisé.

Spécification de Systèmes de Gestion Routière (SGR)

L'approche de l'élaboration d'une spécification d'un système destiné à être mis en application pour des routes revêtues à faibles volumes de circulation et pour la plupart d'autres catégories de l'infrastructure routière devrait⁶:

- Etre simple, puisqu'elle facilitera un sentiment accru de transparence et de compréhension chez les usagers
- Spécifier la *portée* du système ainsi que ses modules ou sous-systèmes composants
- Identifier les usagers éventuels du système et leur rôle dans la gestion de ses différentes parties, ainsi que l'accès dont ils auront besoin à travers le système entier
- Confirmer les *données de sortie* dont les usagers auront besoin
- Sélectionner les catégories de *données* et des *modèles* requis pour produire les données de sortie, ainsi que la méthode de collecte et de traitement des données.

Un exemple d'un simple SGR de base est donné dans la Figure 7.11.

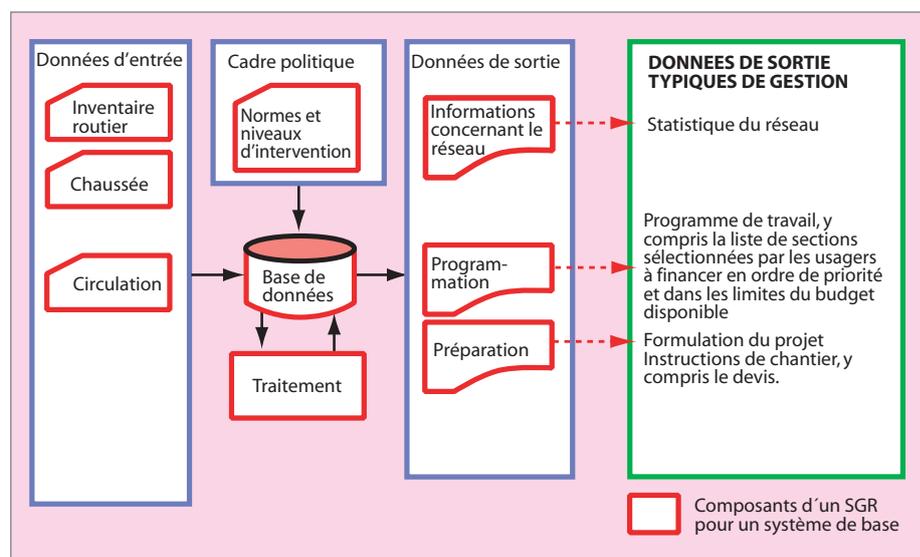


Figure 7.11 - Exemple d'un SGR simple de base

Typiquement la portée et les composants (ou les sous-systèmes) comprennent:

- Un Système d'Informations du Réseau au cœur, qui est employé pour la collecte, maniement et mise en mémoire des données concernant le réseau, y compris l'inventaire routière, les détails de la chaussée, les structures, la circulation, le financement (y compris les budgets), les activités courantes et prévues, et les ressources
- Plusieurs Systèmes d'Appui des Décisions pour faciliter la réalisation des tâches qui constituent le cycle gestionnaire.

Les Systèmes d'Appui des Décisions fournissent des données de sortie qui tiennent la gestion au courant des décisions, tandis que les systèmes d'information tout simplement présentent une liste de données d'entrée ou les présentent sous forme de tableau, de graphiques ou de cartes.

C'est en général le cas que l'approche ci-dessus souligne le but global du système et dévalorise les considérations du logiciel et du hardware qui, bien qu'ils soient importantes, sont secondaires par rapport au développement d'un système, du moins dans ses premières étapes. Cette approche met l'accent sur le contrôle par les usagers, et remet les systèmes à leurs places correctes.

Que les données sont collectées et présentées sous forme de tableaux simples ou de tableurs, ou sont remaniées dans des bases de données et traitées par le moyen d'un outil analytique, les règles et les procès utilisés devraient refléter les procédés techniques décrits dans les sections ci-dessus. Des conseils plus détaillés concernant la spécification du système et des données à titre d'exemple sont données dans plusieurs sources^{5,6,7} et dans des manuels propriétaires de systèmes.

Exigences de Données

Le composant le plus grand des coûts d'exploitation d'un Système de Gestion Routière est probablement celui encouru pendant la collecte de données.

Par conséquent, le genre et la qualité des données à collecter dépendront de ce dont on a vraiment besoin et de ce qui peut être achevé en réalité. Seules ces données qui peuvent régulièrement être mises à jour et maintenues devraient être collectées et vérifiées pour leur consistance et perfection. A cette fin les critères suivants devraient être pris en considération lorsqu'on sélectionne les articles des données:

- 1) *Pertinence* – qui a une influence directe sur les données de sortie voulues
- 2) *Convenance* – tant à l'étape de planification et au procès de gestion qu'à la capacité de l'administration d'entreprendre la collecte requise de données
- 3) *Fiabilité* – en termes d'exactitude, de portée, de plénitude et d'exactitude
- 4) *Abordabilité*: en termes tant de besoins financiers que de besoins en personnel.

Il est également important de choisir une technologie de collecte de données qui correspond aux besoins de l'agence routière. Les choix à faire pendant la sélection des méthodes de collecte de données comprennent:

- Mode d'opération
 - manuelle, semi automatisée ou automatisée
 - de piétons, ou à des vitesses lentes ou élevées
 - instrumentation indépendante ou composite
- La fréquence, la couverture superficielle et l'échantillonnage superficielle des enquêtes

- Mode d'administration
 - centralisation
 - procédé de l'audit.

La gamme de la qualité et des détails requis en termes de l'Information concernant les Niveaux de Qualité (INQ) dépend de la fonction de la gestion, et devrait correspondre aux ressources disponibles. Des conseils sur de différents aspects de la gestion de systèmes de gestion routière sont contenus dans la littérature concernant ce sujet⁷.

7.4 Opérations d'Entretien

7.4.1 Rôles et Modèles organisationnels

La pratique courante et antérieure dans beaucoup de pays de la région de la LCDAA et, en fait, dans la plupart des autres pays du monde a été d'effectuer l'entretien (surtout l'entretien courant) par la main-d'œuvre directe, c à d, par des travailleurs employés en permanence par les agences routières. Cependant, celle-ci s'est montrée inefficace dans beaucoup de pays et, conformément au Protocole de la CDAA, il y a eu un changement progressif vers la réalisation des travaux d'entretien par l'utilisation accrue du secteur privé.

Rôles

Les termes employés pour décrire les rôles organisationnels qui sont répandus dans la région de la CDAA sont⁴:

Propriétaire: L'organisme responsable du financement, de l'élaboration de la politique routière ainsi que du cadre légal et réglementaire de la gestion du réseau routier. Généralement ce sera un ministère des transports ou des travaux publics, en son rôle de propriétaire *de facto* au nom de l'état.

Administrateur: L'organisme responsable de l'implémentation de la politique et à qui il incombe de s'assurer que la performance du réseau routier correspond aux objectifs globaux politiques et économiques du propriétaire. Dans maints pays, cet organisme est connu comme une administration ou agence routière.

Gestionnaire: L'organisme responsable de la spécification des activités à réaliser, des activités de surveillance, de contrôle et de suivi. Dans la plupart de situations, le rôle du gestionnaire est combiné avec celui de l'administrateur, mais de plus en plus, dans tout le monde, il y a une tendance de nommer des gestionnaires sous contrat (généralement des conseils ingénieurs).

Entrepreneur: L'organisme responsable de la livraison des opérations par l'exécution ou l'entreprise de travaux au nom du propriétaire.

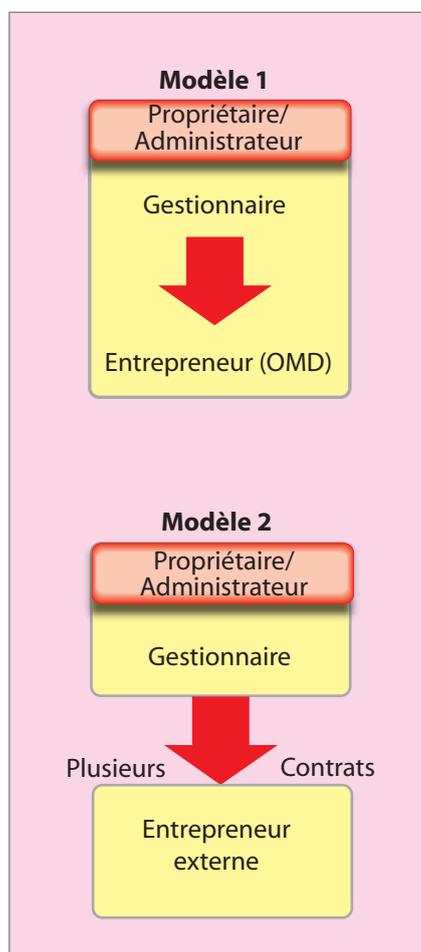
Modèles

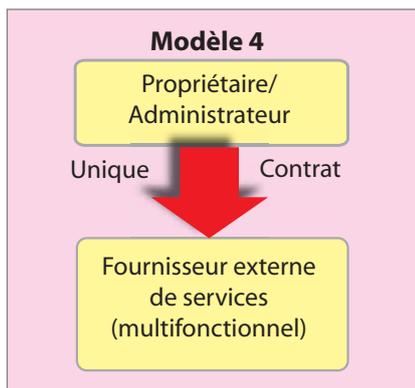
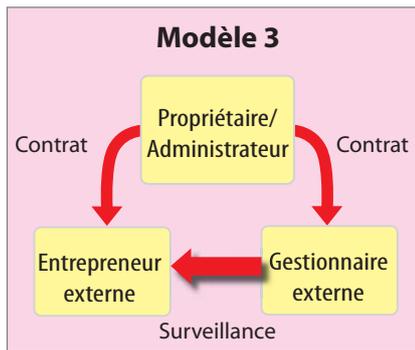
Modèle 1 - Unité de travail en régie (Organisme de Main-d'Œuvre Directe - OMD):

Ceci est le modèle classique pour la réalisation des travaux d'entretien courant et, parfois, d'entretien périodique. Dans ce cas, l'administrateur, le gestionnaire et l'entrepreneur appartiennent au même organisme. Dans beaucoup de cas, ce sera l'organisme du propriétaire, tel qu'un ministère des travaux publics.

On est en train de supprimer peu à peu dans la région de la CDAA au fur et à mesure que de plus en plus d'agences deviennent des organismes autonomes ou semi autonomes, avec une séparation accrue entre les rôles du "client" et de "fournisseur" au sein des organismes.

Modèle 2 - Entrepreneur conventionnel: Dans ce modèle, l'administrateur des routes, qui attribue des contrats conventionnels en génie civil à un entrepreneur externe pour la réalisation des travaux, assume le rôle du gestionnaire. Ce modèle est largement utilisé pour la réalisation de travaux de développement et d'entretien courant, mais son utilisation pour la réalisation de travaux courants et périodiques d'entretien n'est pas très répandue.





Modèle 3 - Entrepreneur + Consultant conventionnel: Dans ce modèle, l'administrateur donne les rôles tant du gestionnaire que de l'entrepreneur en sous-traitance. Les consultants typiquement entreprennent le rôle du gestionnaire, dont le rôle est de surveiller le travail entrepris par les entrepreneurs.

Beaucoup de nouvelles Agences Routières continuent d'utiliser ce modèle, mais avec l'Agence même étant tenu par un "Accorde de Performance" avec le Ministère Propriétaire. Leur performance est surveillée par un Conseil Routier ou autre organisme indépendant, dont le rôle est essentiellement celui d'audit.

Modèle 4 - Fourniture de Service Total: Dans ce modèle, un contrat unique est octroyé par l'administrateur routier au gestionnaire, qui est responsable de la fourniture des services à l'administrateur. L'organisme gestionnaire peut choisir soit d'entreprendre le rôle d'entrepreneur lui même soit de retenir des entrepreneurs. Des exemples de ce genre sont peu abondants, mais ce genre de dispositions est en train de gagner de l'approbation.

7.4.2 Engagements de Performance et Contractuels

Les changements de circonstances nécessitent l'identification d'une nouvelle série d'engagements dont la nature est tant législative dans la mesure où ils transfèrent les responsabilités établies à un nouvel organisme ou à un organisme responsable et qui sont contractuel de nature. Les changements transfèrent aussi une proportion importante du risque aux fournisseurs de services, y compris les gestionnaires routiers et les entrepreneurs et exigent de nouvelles approches de suivi et d'évaluation. La convenance des dispositions devrait être considérée du point de vue de la capacité du fournisseur d'accepter le risque et de fournir la gestion nécessaire de qualité. En fin de compte, ceci déterminera la portée des travaux que les différents fournisseurs peuvent livrer.

Les caractéristiques de différents genres de contrat, dans lesquelles leur pertinence aux situations routières est soulignée, sont indiquées ci-dessous:

Travail journalier: ce genre de contrat est tout simplement un contrat de fourniture de main-d'œuvre, et peut être élargi de comprendre du matériel et des matériaux. Il est toujours approprié où le développement des entrepreneurs et l'échelle d'opérations ne sont pas très importants ou sont incertains. Un exemple approprié serait la fourniture de main-d'œuvre par des entrepreneurs "cantonniers", parfois organisée par une association communautaire, mais avec la gestion globale conférée à une service locale de travaux publics ou à des agents gestionnaires.

Barème des Tarifs: Ce genre de contrat est le plus répandu (Modèle 2 ci-dessus), où l'entrepreneur n'est pas sujetti à des exigences significantes basées sur les performances et entreprend une série prescrite d'activités à des intervalles spécifiées, ou lorsque les conditions dépassent "les normes d'intervention". Les tarifs sont débattus ou, en certains cas, stipulés par l'acheteur. La raison de la dernière approche a rapport à l'étape de "commercialisation" du secteur. La qualité du travail sera spécifiée et des *directives de la planification et de la méthode du travail* peuvent être fournies afin d'assurer la cohérence des approches à chaque opération. Beaucoup d'agences routières dans la région ont adopté telles directives.

Basée sur la performance, à court terme: Des contrats basés sur la performance exigent l'acceptation par l'entrepreneur de la partie majeure du risque ainsi que la planification et spécification des besoins en entretien à long terme afin de satisfaire à la spécification du Maître d'Ouvrage concernant la performance basée sur les résultats, et sont généralement des contrats à versement unique. La portée du travail comprend des travaux courants et d'urgence et peut être élargie pour comprendre des travaux périodiques dont le besoin nécessite la mise en action des procédés d'approbation par le Maître d'Ouvrage. Dans beaucoup de

cas, le contrat comprend des provisions pour des travaux périodiques, ainsi réduisant le besoin de nouveaux procès d'acquisition dans la période de durée du contrat, ainsi assurant une garantie accrue de travail pour l'entrepreneur. Ce genre de contrat est généralement appelé *Contrats d'Entretien du Réseau (Network Maintenance Contracts)* (en Australie) ou *Contrats d'Entretien à Terme (Term Maintenance Contracts)* (au Royaume Uni) et sont généralement gérés selon le Modèle 3 ci-dessus.

Basé sur performance, à long terme. Ils transfèrent les responsabilités au fournisseur du service, qui fournit un "service complet" comme illustré dans le Modèle 4 ci-dessus. La nature à long terme de ces contrats signifie que le fournisseur du service devrait avoir des capacités importantes de planification et de gestion. Les travaux comprennent toutes les activités d'entretien et de remise en état. Les Indicateurs-clés de Performance devraient être établis par le Maître d'Ouvrage pour les attributs à long et à court terme. C'est donc les entrepreneurs qui spécifient comment les objectifs seront réalisés et ceux-ci seront incorporés dans leurs soumissions.

Ces genres de contrat deviennent communs dans l'Australie et la Nouvelle Zelande⁵, des réseaux routiers entiers étant gérés sous ces dispositions dans l'Australie Occidentale et plusieurs parties de la Nouvelle Zélande (10% avec un accroissement jusqu'au 30% dans le futur). L'audit indépendant de la réalisation devient la responsabilité du Maître d'Ouvrage. Ces genres de contrat permettent une innovation importante chez l'entrepreneur.

7.4.3 Acceptation du Risque

La forme du contrat définit les responsabilités des parties et partage les différents risques entre eux. Les risques peuvent être classés selon ceux qui affectent:

- La Qualité – la possibilité que le travail ne satisfait pas aux exigences du Maître d'Ouvrage
- Les Coûts – la possibilité que les coûts du travail réalisé diffèrent de ceux envisagés
- Le Temps – la livraison opportune est moins importante pour l'entretien que pour des projets de construction et est étroitement liée aux coûts.

La tendance politique au cours des dernières années est de transférer autant du risque que possible au secteur privé, mais l'expérience a montré qu'il serait mieux de l'assigner à la partie la plus capable de faire face à ce risque-là^{9, 10}. Dans les pays où traditionnellement l'entretien a été réalisé en régie, il arrive souvent que le secteur privé ne sera pas en mesure d'assurer un nouveau risque important, et que l'administration routière ne sera pas non plus en mesure de gérer le secteur privé comme il faut. Les questions de l'affectation du risque pour l'entretien routier sont illustrées dans le Tableau 7.7.

Tableau 7.7 - Stratégies contractuelles et l'allocation du risque

Question	Maître d'Ouvrage gère le risque ←————→				Entrepreneur gère le risque
	Tarif horaire	Activité unique	Activité groupée	Basée sur la performance (à court terme)	
Genre de contrat				Basée sur la performance (à long terme)	Basée sur la performance (à long terme)
Méthode de remboursement	Remboursement des coûts	Coûts indicatifs	Barème des tarifs		Versement unique
Durée du contrat	A court terme ←————→				A long terme
Composition	Beaucoup de petits contrats ←————→				Quelques grands contrats

7.4.4 Accroissement de l'Emploi de Menus Entrepreneurs



FCM

Le chauffage du bitume au bord de la route suivi par le malaxage avec de l'agrégat est une méthode appropriée de la réparation localisée des nids de poule dans une route revêtue.



FCM

Le marquage de routes en employant de la main-d'œuvre a été efficace dans beaucoup de pays de la CDAA.

Généralement tous les pays possèdent une gamme de clients et d'entrepreneurs de capacités différentes. Les entrepreneurs de grandeurs différentes répondront à des genres différents de Maîtres d'Ouvrage: par exemple les entrepreneurs de grande et moyenne envergure souvent auront peu d'intérêt pour des contrats ruraux économiques d'entretien courant. De plus, il se peut que beaucoup de menus entrepreneurs travaillent actuellement dans le bâtiment. Un programme de développement d'entrepreneurs leur aideraient à faire concurrence pour du travail en entretien routier et il se peut que les objectifs de l'emploi accru de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre et l'emploi local accru dans telles zones soient réalisés. Ceci a été fait dans quelques pays. L'emploi d'entrepreneurs locaux, les opportunités pour l'entretien basé sur l'emploi de la main-d'œuvre, la participation et responsabilisation de la communauté ont été abordées en détail au cours des Séminaires sur la Politique de l'Entretien comme partie de l'Initiative de l'Entretien Routier. (Voir la Bibliographie.)

Contrats parmi les Communautés

Beaucoup de travaux d'entretien offrent des possibilités pour la participation des communautés et pour leur entreprise de contrats, qui souvent ne sont pas complètement exploitées. Cependant il est probable que ces possibilités ne se produisent que si:

- L'infrastructure concernée leur bénéficiera directement
- Il existe un cadre institutionnel durable
- Les données initiales externes d'entrée sont mises à disposition pour le développement du système, le financement, la démonstration et la formation.

La participation dans les initiatives liées à la passation de contrats parmi les communautés implique la participation des parties intéressées dans la planification, organisation et réalisation des travaux. A cette fin, les organismes communautaires déterminent les priorités locales et deviennent responsables de la réalisation des travaux d'entretien par des moyens agréés (par ex. par des contrats locaux, main-d'œuvre rémunérée/main-d'œuvre non rémunérée fournie gratuitement par la communauté avec du soutien matériel etc.).

En fin de compte, la participation heureuse de menus entrepreneurs ou des communautés dans la réalisation des travaux d'entretien est importante comme un moyen de créer des emplois et d'aider l'allègement de la pauvreté. Heureusement, il existe un nombre de manuels et de directives qui traitent du développement de menus entrepreneurs qui utilisent des méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, y compris une introduction aux principes commerciales.¹¹

7.5 Résumé

Les points capitaux émanant de ce chapitre sont:

1. En grande partie à cause du financement inadéquat, la mise à disposition d'entretien routier satisfaisant reste toujours un but hors d'atteinte dans beaucoup de pays. Le résultat net est le pauvre état des routes, des coûts élevés d'exploitation et un impact néfaste sur les économies nationales.
2. Les défis-clés de l'entretien sont principalement politiques, sociaux et institutionnels plutôt que techniques.
3. Le procès de réforme du secteur routier actuellement en train d'être mené dans la région, y compris l'établissement de fonds routiers dédiés, est d'importance primordiale pour la durabilité du financement de l'entretien. A cet égard, il faut mettre en application les recommandations contenues dans le Protocole de Transports, Communications et de Météorologie de la CDAA.
4. La recherche de politiques durables d'entretien par l'emploi de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre, là où elles sont coût-efficaces, et la participation des communautés locales et des menus entrepreneurs, sont d'une importance cruciale comme des moyens de création d'emplois et sont liés directement à l'allègement de la pauvreté.
5. Le manque d'une approche systémique et structurée à l'entretien routier résulte en l'utilisation inefficace des fonds peu abondants. Cependant, au lieu d'employer des systèmes complexes de gestion, on devrait introduire et mettre en application progressivement des systèmes simples qui sont appropriés pour les conditions locales.

Le thème de l'entretien routier et des aspects de sa gestion qui sont indispensables pour la conservation du réseau des RRFVC, ainsi que d'autres facteurs ayant une influence, tels que la surcharge des véhicules, ont été abordés dans ce chapitre. Les avantages éventuels à gagner par l'emploi des recommandations contenues dans ce chapitre et dans d'autres chapitres de ces Directives ne se réaliseront que par leur mise en application, qui sera abordée dans le Chapitre 8.

7.6 Références et Bibliographie

Références

1. Morosiuk G, M Riley et J B Odoki (2001). *Modelling Road Deterioration and Works Effects*. Draft Volume 6 of the HDM-4 series of publications. AIPCR ISOHDM, Paris, France.
2. Southern Africa Consulting Group (SAGP) (1998). *Transport and Communications Integration Study for Southern Africa*. Review Final Report. Vol. 1: Summary and Main Report, Maputo, Mozambique, le 31 mars 1998.
3. SATCC (1998). *SADC Protocol on Transport, Communications and Meteorology*. Maputo, Mozambique.
4. Robinson R, U Danielson and M Snaith (1998). *Road Maintenance Management, Concepts and Systems*. MacMillan Press Ltd., Basingstoke, Hants., Royaume Uni.
5. Parkman C C, K B Madelin, R Robinson et T Toole (2001). *Developing Appropriate Management and Procurement Approaches for Road Maintenance*. Proc. Conf. on Technology Transfer in Road Transportation in Africa, Arusha, Tanzanie, du 23 au 25 mai 2001.
6. Transport Research Laboratory (1998). *Guidelines on the Design and Operation of Road Management Systems*. Overseas Road Note 15. TRL, Crowthorne, Berks., Royaume Uni.
7. Transport Research Laboratory (2003). *Road Maintenance Management for District Engineers*. Overseas Road Note 1. TRL, Crowthorne, Berks., Royaume Uni.
8. Paterson W D O et T Scullion (1990). *Information Systems for Road Management : Draft Guidelines on System Design and Data Issues*. Infrastructure and Urban Development Department. Report No INU 77, La Banque Mondiale. Washington, D.C., Etats Unis.
9. Grubb S R T (1998). *The Private Finance Initiative – Public Private Partnerships*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers (Civil Engineering), 126, August, 2001, pp 133-140. Londres, Royaume Uni.
10. Malmberg-Calvo C (1998). *Options for Managing and Financing Rural Transport Infrastructure*. World Bank Technical Paper No 411, La Banque Mondiale, Washington, D.C., Etats Unis.
11. United Republic of Tanzania: National Construction Council. *Labour-Based Contractor Training for Rural Maintenance and Rehabilitation*. Project Document: URT/90/004., O.I.T., Genève, Suisse, 1990.

Bibliographie

AIPCR (2000). *HDM-4. Highway Development and Management Series*. The World Road Association (AIPCR), Paris, France.

ARRB (1995). *Sealed Local Roads Manual – Guidelines to Good Practice for the Construction, Maintenance and Rehabilitation of Pavements*. ARRB Transport Research Ltd., South Vermont, Victoria, Australie.

DORM (1997). *Mongolian Road Maintenance Manual*. Department of Roads, Ulaan Baatar, Mongolie.

Gourley C S, T Toole et R C Petts, (2001). *Improving Local Resource Utilisation in Roadworks in Developing and Emerging Countries*. 14th IRF World Congress, International Road Federation, Paris, France, juin 2001.

Gyamfi P and G Ruan, (1996). *Road Maintenance by Contract: Dissemination of good practice in Latin America and the Caribbean region*. Regional Studies Program, Report No 44, La Banque Mondiale, Washington, D.C., Etats Unis.

Heggie I and P Vickers (1998). *Commercial Management and Financing of Roads*. World Bank Technical Paper No 409. La Banque Mondiale, Washington, D.C., Etats Unis.

Hewitt N C, T Mutowembwa et T Toole (1998). *The Zimbabwe Road Deterioration Study*. Secondary and Feeder Roads Development Programme (SFRDP) Workshop, Harare, Zimbabwe, juin 1998. PA 3396/98, Transport Research Laboratory, Crowthorne, Berks., Royaume Uni.

Katala J and T Toole (2000). *Road Management Systems: The Development of the Road Mentor System in Tanzania*. Fourth Annual Transportation Conference. Du 23 au 25 novembre 2000, Dar es Salaam, Tanzanie.

Lantran J M et C Morse (1995). *Development of the Private Sector (Module 6). Framework and Competition and Procurement and Contract Management*. Proceedings of The Highway Policy Seminar for the Countries of the Former Soviet Union, Moscou, du 15 au 19 mai 1995. La Banque Mondiale, Washington, D.C., Etats Unis.

Larcher P et D Miles (2000). *Roads and Realities: How to Promote Road Contracting in Developing Countries*. Institute of Development Engineering, Loughborough University, Loughborough, Leicestershire, Royaume Uni.

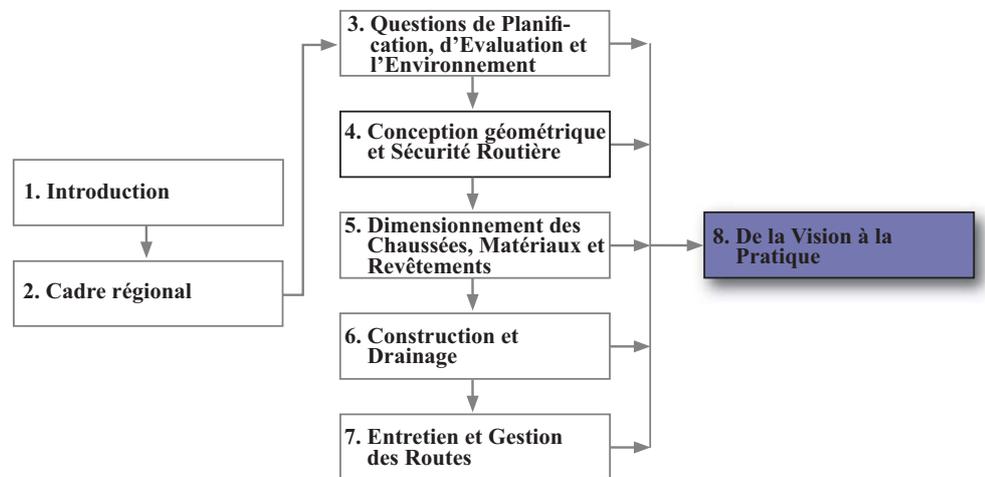
Lebo, J et D Schelling (2000). *The Design and Appraisal of Rural Transport Infrastructure*. Draft Technical Paper. La Banque Mondiale, Washington, D.C., Etats Unis.

Martin T C (2001). *Is Local Road Maintenance Meeting the Community's Needs*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Municipal Engineer 145, Issue 2., Institution of Civil Engineers, Londres, Royaume Uni.

Miles D W J (1996). *Promoting Small Contractors in Lesotho: Privatization in Practice*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers (Civil Engineering), 114, pp 124-129, Londres, Royaume Uni.

- MOTE (1999). *Secondary and Feeder Road Development Programme (SFRDP): Phase 2. Final Report*. Ministry of Transport and Energy Department of State Roads. Harare, Zimbabwe.
- Pinard M I et S M A Kaombwe (2001). *Pilot Survey of Country Stakeholders Views of the RMI Vision, Strategy and Indicators of Progress In Implementation and Impact*. Report to World Bank, Transport I, RMI Africa Region. La Banque Mondiale, Washington D.C., Etats Unis.
- Robinson P (1998). *Maintenance by Contract: Is it Delivering Value for Money?* Proceedings of the National Workshop, Melbourne, Australie, novembre 2000. ARRB Transport Research.
- Robinson R (1988). *A View of Road Maintenance, Management and Economics*, TRL Research Report RR 145, Transport Research Laboratory, Crowthorne, Berks., Royaume Uni.
- Robinson R (1999). *A New Approach for Quantifying Economic and Social Benefits for Low-volume Roads in Developing Countries*. In: Impact Assessment and Project Appraisal, Volume 17, Number 2, juin 1999, pages 147 – 155. Beach Tree Publishing, Guildford, Surrey, Royaume Uni.
- Talvitie A (1996). *International experiences in restructuring the road sector*. Paper to annual meeting of the Transportation Research Board, janvier 1996. Washington, D.C, Etats Unis.
- TANROADS (2000). *Road Performance Agreement with MOW and Roads Fund Board*. Tanzanian National Roads Agency. Dar es Salaam, Tanzanie.
- TANROADS (2001). *Description and Classification of Road Maintenance Activities*. Tanzania National Roads Agency. Dar es Salaam, Tanzanie.
- Transport Research Laboratory (1985) *Maintenance Techniques for District Engineers*. Overseas Road Note 2. TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- Transport Research Laboratory (2001) *Management of Rural Road Networks*. Overseas Road Note 20. TRL, Crowthorne, Berkshire, Royaume Uni.
- Commission Economique pour l'Amérique Latine et les Iles Caraïbes des Nations Unies (United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean) (1993) *Roads: A New Approach for Road Network Management and Conservation*. UN-ECLAC (CEALIC -NU), Santiago, Chile.

Chapitre 8



De la Vision à la Pratique

8

8.1	Motivation	8 - 1
8.2	La Voie de la Mise en Application	8 - 2
8.2.1	Politique	8 - 2
8.2.2	Sociale	8 - 4
8.2.3	Institutionnelle	8 - 4
8.2.4	Technique	8 - 4
8.2.5	Economique	8 - 5
8.2.6	Financière	8 - 5
8.2.7	Environnementale	8 - 5
8.3	De la Vision à la Pratique	8 - 6
8.4	Références et Bibliographie	8 - 7

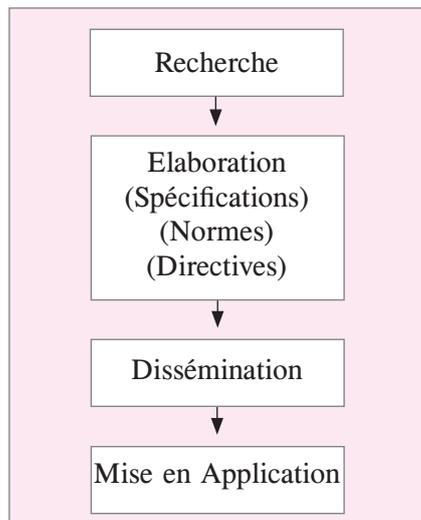
De la Vision à la Pratique

8

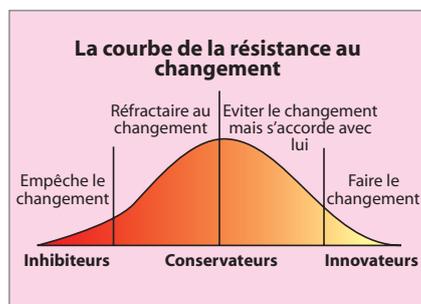
8.1 Motivation

Il y a eu une motivation très forte pour l'élaboration ces Directives sur les Routes Revêtues à Faibles Volumes de Circulation dans la région de la CDAA. Essentiellement:

- Beaucoup d'aspects de la mise à disposition des RRFVC proviennent de la technologie et de la recherche en Europe et aux Etats-Unis dans des environnements très différents de ceux dominant dans la région de la CDAA.
- Bien que des changements aient inévitablement eu lieu dans la région, une bonne partie de la philosophie de base en ce qui concerne la mise à disposition des RRFVC reste inchangée, tout comme les normes contenues dans des documents de conseil, qui n'ont pas été revus depuis beaucoup d'années.
- Une quantité importante de travail de recherche au cours de 20 à 30 années a été réalisée dans la région par un nombre d'organismes spécialisés, des agences nationales collaboratrices et, dans certains cas, par les agences nationales elles-mêmes.
- Une bonne partie de la recherche a été dirigé à des routes secondaires et à des routes de desserte à faibles volumes de circulation, y compris la planification, l'évaluation, la conception, l'utilisation de matériaux locaux, les techniques de revêtement, les méthodes de construction et le financement de l'entretien. Là où ils ont été mis en application, les résultats de cette recherche ont été immanquablement très favorables et coût-efficaces.
- Malheureusement, il existe toujours une tendance générale de se servir d'une approche conventionnelle à la mise en application des RRFVC qui est souvent perçue comme "sûre". En conséquence, peu des résultats de la recherche correspondante ont été mis en application et les avantages éventuels n'ont pas été réalisés.



Le transfert de la technologie d'un environnement de recherche à un environnement d'exploitation nécessitera un effort important de transfert de technologie ainsi que de ressources importantes pour surmonter les divers obstacles à sa mise en application.



“Il n’y a rien plus difficile de prendre en main, plus dangereux de mener ou dont la réussite est moins incertain, que l’introduction d’un nouvel ordre de choses, parce que l’innovateur se fait des ennemis de tous ceux qui avaient prospéré dans l’ancien ordre et ne reçoit que de soutien tiède de la part de ceux qui prospéraient dans le nouvel ordre.”

Machiavel, Le Prince (1513)

8.2 La Voie de la Mise en Application

Les avantages de ces Directives ne seront réalisés que si les approches recommandées sont mises en application. Toutefois, la voie entre la recherche et la mise en application est tortueuse et prend du temps. On a estimé que, dans la génie, dans chacun des pas de la voie qui commence avec l’obtention du financement pour la recherche et la mise en application, la magnitude de la difficulté s’accroît d’un facteur de 2 à 8. Ces activités comprennent la réalisation de la recherche, le maniement des résultats, l’élaboration des normes, la dissémination de l’information, jusqu’à la mise en application même. Ainsi, il peut être assez difficile de faire mettre en application les résultats de la recherche de l’ingénierie, malgré l’évidence que des économies très importantes peuvent en être tirés là où il a été réalisé.

L’étape de mise en application peut être accélérée par la compréhension du procès impliqué dans le transfert de la technologie, par l’identification des obstacles probables et par l’adoption d’une stratégie qui cherche à les mitiger. En termes larges, il y a cinq étapes du procès de l’innovation¹.

Etape 1: Génération du concept – le besoin initial perçu de l’élaboration des Directives.

Etape 2: Génération, adaptation et transfert de la technologie – qui a été réalisée par la suscitation de la conscience des résultats de la recherche menée dans la région, l’adaptation des normes appropriées et de la connaissance partagée pendant l’élaboration des Directives.

Etape 3: Les agences routières de l’état et locales – l’importance de l’approbation, qui a été réalisée par le procès d’implication des parties intéressées dans l’élaboration des Directives.

Etape 4: Spécifications et Contrats – la modification des spécifications et des genres de contrat conventionnels afin de convenir aux conditions locales: le rôle important des entrepreneurs en adoptant les nouvelles approches, comme incorporées dans l’application des projets.

Etape 5: Avantages – les avantages éventuels considérables à gagner par la mise en application des recommandations contenues dans les Directives.

L’élaboration de ces Directives constitue une partie majeure de l’Etape 3 de même qu’une contribution à des parties des Etapes 2 et 4. Ce chapitre s’occupe de la voie d’ici à l’acceptation et la mise en application complètes. Les diverses obstacles et problèmes associés qui restent, de même que des suggestions en vue de les surmonter, sont traités ci-dessous.

8.2.1 Politique

Politique gouvernementale: On ne peut pas établir un plan pour le secteur du transport routier sans tenir compte de la politique gouvernementale globale du transport. Pour la planification efficace, les gouvernements des pays de la CDAA devront avoir une vue compréhensive de l’ensemble du secteur du transport, les politiques du secteur routier étant conçues de manière à satisfaire les objectifs sociaux et économiques plus larges de chaque pays.

Dans un des pays de la CDAA l'utilisation d'un coulis sur une route de dessert à faible volumes de circulation fut annulée pour des raisons politiques parce que, dans une circonscription électorale avoisinante, la méthode plus traditionnelle d'enduit à gravillons avait été utilisée et était perçue comme étant de "qualité supérieure".

L'accepte de nouvelles techniques exige un esprit ouvert et un volonté d'apprendre chez les planificateurs et les ingénieurs qui devront les mettre en application. Elle exige aussi la détermination politique de résister aux pressions de ceux personnellement intéressés et d'utiliser les ressources disponibles le plus efficacement possible.



La surcharge des véhicules est toujours très répandue dans la région de la CDAA, et est estimée à 10-50%. On a estimé que cette surcharge coûte des millions de dollars.

Une surcharge de 22%, de 82 à 100 kN, en termes simples, fera accroître l'effet endommageant sur la chaussée d'un facteur de 2,5 et réduira la durée de vie de la chaussée d'un facteur de 0,6.

Il est important que les messages-clés émanant de ces Directives concernant les avantages à tirer des RRFVC soient compris dans les discussions aboutissant à l'élaboration d'un document de politique. La politique devrait traiter des questions telles que l'allègement de la pauvreté, la création d'emplois, le choix de technologie etc. Le résultat de ce procès déterminera le genre du système de planification le plus approprié.

Perceptions politiques et publiques: La concurrence intensive pour les fonds publics peu abondants nécessite l'adoption en tout temps de normes appropriées et coût-efficaces pour la mise en application des RRFVC. Il se peut que ceci impliquera l'emploi de normes inférieures – mais toujours appropriées – pour ces routes. Cependant, ces normes sont toujours en mesure de fournir un niveau satisfaisant de service sans compromettre la sécurité routière.

Il est important que les administrations publiques et politiques acceptent les normes adoptées pour les RRFVC. Cependant, leurs perceptions de ce qui constitue une norme appropriée pour une chaussée ou un revêtement peut avoir une influence néfaste sur les décisions techniques. Il arrive très souvent que ces perceptions soient conditionnées par les normes adoptées pour de grandes axes à forts volumes de circulation; une norme inférieure, bien qu'elle soit plus appropriée pour une RRFVC, est souvent considérée comme "de qualité inférieure" et, donc, inadmissible.

Il faut consacrer plus d'effort à l'enseignement des hommes politiques et du grand public sur la base de détermination des normes techniques afin de faire gagner leur approbation plus volontiers. Le classement des changements politiques selon leurs coûts et avantages politiques peut assister les décideurs de gagner l'appui des hommes politiques et du grand public.

Control des Charges par Essieu: Le contrôle inefficace des charges par essieu reste sans doute un des plus grands défis faisant face aux administrations routières dans la région de la CDAA. Comme indiqué dans le Chapitre 5 de ces Directives, la performance d'une chaussée est considérablement influencée par le volume de circulation qui, à son tour, détermine la durée de vie de la chaussée. Les RRFVC sont généralement construites de chaussées plus légères (plus minces) avec des matériaux trouvés dans la nature qui sont souvent très susceptibles à l'effet de la surcharge. Ceci les rend très susceptibles à la surcharge, ce qui a un effet néfaste et disproportionné sur la durée de vie de la chaussée. Par conséquence, la surcharge ne constitue pas seulement un risque accru pour les routes, y compris les ponts, on ne peut pas le justifier pour des raisons économiques. On devrait faire un effort plus résolu de contrôler la surcharge.

Le contrôle efficace de la surcharge exige une détermination politique forte, ce qui manque parfois. Le passage vers de nouvelles méthodes de contrôle de la surcharge, comme spécifiées dans le mémorandum de la CDAA sur la Charge des Véhicules, fournit une stratégie pour le Contrôle de la Surcharge, que tous les pays devraient mettre en application le plus tôt possible.

Risque: La nécessité d'adopter des normes et spécifications plus appropriées pour la construction des routes à faibles volumes de circulation a été clairement reconnue dans la région de la CDAA depuis quelque temps. Cependant, bien qu'il y ait beaucoup d'exemples de l'adoption réussie d'une telle stratégie, très peu d'entre eux sont bien documentés et, jusqu'à dans ces derniers temps, les conditions nécessaires pour leur performance efficace n'étaient pas convenablement décrites. Ainsi, il y a eu une réticence compréhensible, surtout chez les consultants et les bailleurs de fonds de l'extérieur de la région, d'utiliser des matériaux non conventionnels à cause du risque perçu, qui est incontestablement plus élevée, de problèmes ou même de défaillance.

Heureusement, les résultats de la recherche effectuée dans la région au cours des 20 dernières années le rendent possible d'utiliser les ressources locales avec plus de confiance. De plus, on peut mitiger les risques en s'assurant que les normes et spécifications sont convenables pour les environnements locaux.

Les risques perçus associés avec l'utilisation de matériaux "non normaux" et de conceptions "non traditionnelles" peuvent maintenant être gérées de manière pratique et une proportion plus grande des routes non revêtues peut être revêtues sans risque additionnel.

8.2.2 Sociale

Création des Emplois: De plus en plus les gouvernements dans la région de la CDAA favorisent l'utilisation de méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre comme un alternatif aux opérations mécanisées plus traditionnelles comme un moyen de lutter contre les taux élevés de chômage. A cet égard, les programmes routiers qui maximisent l'emploi de la main-d'œuvre en excédent qui pourrait se trouver dans une collectivité rurale, sont plus probables de susciter une attitude positive à l'entretien futur de la route, que des programmes à fort coefficient d'équipement mécanisé et qui exigent l'importation d'une quantité restreinte de main-d'œuvre expérimentée.

Malgré le précité, il existe encore des perceptions négatives chez quelques pays de la CDAA que telles approches ne sont pas intéressantes, prennent du temps et sont de qualité inférieure.

Là où des opérations à fort coefficient de main-d'œuvre sont indiquées, le gouvernement devra s'engager fermement à une politique de changement. Ceci exigera des dispositions institutionnelles spéciales, de planification compréhensive de même que des systèmes et procédés efficaces de gestion et d'administration.

8.2.3 Institutionnelle

Le cadre institutionnel des organismes dans le secteur routier de la région de la CDAA influe considérablement sur tous les aspects de la mise à disposition des RRFVC. Historiquement, les approches traditionnelles de la gestion et du financement de l'infrastructure routière se sont montrées infructueuses. Heureusement, le cadre institutionnel agréé par la CDAA pour la gestion et financement des routes fournit un alternatif qui promet aux approches traditionnelles et, là où il a été mis en application, a commencé à rendre des résultats positifs.

Là où les recommandations du Protocole de la CDAA sur les Transports, Communications et Météorologie, qui traite spécifiquement de la gestion et financement des routes, ne sont pas encore mis en application, les Gouvernements dans la région de la CDAA devraient accélérer le rythme du procès de réforme.

8.2.4 Technique

Normes techniques: La mise en application conséquente des normes techniques et des méthodes de conception convenables est indispensable si on veut arriver à des solutions coût-efficaces et durables. Dans le passé, il y avait une tendance compréhensible dans la région de la CDAA de mettre rigoureusement en application les normes, spécifications et les méthodes de conception géométrique et de conception de chaussées, importées de l'étranger comme "pratique courant", tout simplement parce qu'il n'y avait presque aucun alternatif sauf que la prise d'un risque non évalué en utilisant des matériaux et des méthodes de conception non prouvés.

*Les stratégies appropriées à fort coefficient de main-d'œuvre se servent du rendement double de la mise à disposition de l'infrastructure et la création d'emplois. Les méthodes à fort coefficient de main-d'œuvre n'impliquent pas l'élimination du matériel mais, plutôt, son remplacement sélectif. Néanmoins, telles méthodes ont un potentiel relativement plus élevé pour la création d'emplois, (typiquement jusqu'à quatre fois plus élevées que ceux des méthodes mécanisées). La mise à disposition des routes constitue un des potentiels les plus élevés de la création d'emplois par comparaison avec d'autres secteurs. Pendant le procès, il n'y a **aucun** compromis sur les spécifications de l'infrastructure, telles que la convenance à l'utilisation et au but.*

ASIST Bulletin No. 11, 2000.

On devrait éviter l'emploi de normes inconséquents et inappropriés et, à leur place, l'emploi de normes régionaux devrait être encouragé par les gouvernements et les bailleurs de fonds.

Comme résultat de l'abondance du travail de recherche et développement réalisée dans la région au cours des trois dernières décennies, de nouvelles normes, spécifications et méthodes "indigènes" de conception de chaussées se sont produites en plusieurs moyens, basées sur des preuves quantifiées. Néanmoins, à cause de l'insistance des bailleurs de fonds ou de la manque de conscience de l'existence de normes régionales, il existe toujours une tendance dans certains pays d'employer des normes importées.

L'heure est venue que le politique gouvernementale devrait stipuler que, là où il existe des normes et méthodes régionales de spécification, on devrait les utiliser plutôt que les normes importées.

8.2.5 Economique

Les résultats des recherches ont clairement montré que l'adoption des méthodes décrites dans ces Directives résultera en des routes à faibles volumes de circulation, dont la construction et entretien seront moins coûteux et dont les coûts d'exploitation des transport motorisés et non motorisés au cours de leurs durées de vie en service seront réduits. En conséquence, les coûts de l'agence et les coûts globaux (coûts de la durée de vie) sont réduits. De plus, bien que les évaluations économiques ne puissent pas prendre facilement en compte les avantages sociaux, si ceux-ci sont compris, les avantages de respecter les principes recommandés dans ces Directives devraient être évidents. Néanmoins, il est nécessaire de les démontrer à plusieurs reprises et le plus clairement possible pour les biens des administrateurs, des économistes et tout autre responsable, dont on ne devrait pas assumer la connaissance des principes de l'ingénierie compris dans la construction et entretien routiers.

Il faut entreprendre de la recherche afin de développer des méthodologies améliorées d'évaluation des RRFVC afin de faciliter la prise en compte améliorées des avantages socio-économiques qui souvent constituent un composant important des avantages totaux.

8.2.6 Financière

On a fait mention du financement de la construction et de l'entretien routiers assez souvent dans ces Directives. Le défi principal est d'assurer du financement suffisant afin d'entretenir le réseau existant et de s'adapter aux extensions du réseau qui sont considérées nécessaires pour le développement des régions rurales et pour la réalisation du but de l'allègement de la pauvreté.

Le Protocole de la CDAA sur les Transports, Communications et la Météorologie a traité en détail de la question du financement routier et des dispositions institutionnelles associées requises pour assurer le financement durable nécessaire pour l'entretien des réseaux routiers de la région. Les mesures recommandées dans les Directives soutiennent les objectifs présentés dans le Protocole.

Les Gouvernements des pays qui n'ont pas encore établi des Fonds Routiers devraient accélérer leur établissement.

8.2.7 Environnementale

L'utilisation continue de quantités importantes de gravier non seulement occasionne des problèmes environnementaux graves dans la région de la CDAA mais est aussi non durable au long terme. Ceci donne une forte impulsion pour l'adoption des stratégies promues dans les Directives qui cherchent à améliorer la performance "environnementale" du secteur des transports routiers. Celle-ci peut être réalisée, par exemple, par l'utilisation plus répandue de matériaux locaux, l'utilisation de revêtements routiers économiques, la conservation des ressources de pierres de haute qualité, de conceptions qui prennent en compte les coûts et la sécurité, de la considération pour la circulation non motorisée, la participation de la communauté dans la planification et beaucoup d'autres éléments.

L'établissement d'un organisme gouvernemental pour traiter des questions de l'environnement, y compris celles-ci liées avec la mise à disposition des routes, devrait également être encouragé dans la région.

8.3 De la Vision à la Pratique

L'effort du transfert de la technologie, qui est si indispensable pour la mise en application des recommandations de ces Directives, a enveloppé les activités suivantes aboutissant à l'élaboration des Directives:

- La participation dès les premiers temps des parties intéressées dans l'étape de planification de la recherche afin de s'assurer que les Directives correspondent aux besoins des usagers
- La participation continue des parties intéressées dans l'élaboration des Directives par leur participation dans un nombre d'ateliers régionaux.

D'autres aspects du procès de transfert de la technologie qui exigeront la prise en considération et l'appui externe éventuel afin de s'assurer la mise réussie en application comprennent:

- L'aide technique pour appuyer la mise en application des Directives
- La formation technique du personnel, là où le personnel interne n'a ni l'expertise ni la formation requises pour aborder à la résistance interne au changement
- Des modifications des normes nationales, des manuels de conception et des spécifications requises pour accélérer le rythme de la mise en application des Directives
- Le suivi de l'acceptation, adoption, raffinement et de la satisfaction par les usagers des Directives.

De sa nature même, les Directives sont dirigées à toute partie intéressée dans le système de transport rural, mais la cible primaire consiste en ceux qui sont en mesure d'encourager le changement et de mettre en application les concepts présentés dans le document.

Pour plus amples renseignements, le lecteur est encouragé à se rapporter aux bibliographies à la fin de chaque chapitre. Pour des renseignements supplémentaires veuillez contacter les organismes cités dans l'Annexe B.

8.4 Références et Bibliographie

Références

1. Kline S J et N Rosenburg (1986). *An Overview of Innovation*. In: The Positive Sum Strategy. NAE, National Research Council, Washington, D.C., Etats Unis.

Bibliographie

Adair J (1966). *Effective Innovation. How to stay ahead of the competition*. Pan Books, Londres, Royaume Uni.

Kumar V et S Magun (1995). *The Role of R & D Consortia in Technology Development*. Industry Canada Occasional Paper No. 3. Canada.

NCHRP (1998). Putting *Research into Practice: A Synopsis of Successful Strategies and Case Histories*. Washington, D.C., Etats Unis.

TRB (1998). *Transportation Technology Transfer – A Primer on the State of Practice*. National Research Council, Washington, D.C., Etats Unis.

Annexes

Liste des Figures

1. INTRODUCTION

- 1.1 La hiérarchie et la fonction des routes 1 - 4

2. CADRE REGIONAL

- 2.1 La Communauté du Développement d'Afrique Australe 2 - 2
 2.2 Cadre institutionnel de la CDAA pour la gestion et le
financement des routes 2 - 3
 2.3 Le réseau des grandes routes régionales de la CDAA (2001) 2 - 5
 2.4 Comparaison de la densité des routes revêtues et le PIB
par habitant..... 2 - 6
 2.5 Entretien périodique (rechargement) de routes non revêtues 2 - 10
 2.6 Un nouveau cadre pour la prestation durable des RRFVC 2 - 11
 2.7 Le niveau d'influence des composantes des RRFVC
sur les coûts globaux 2 - 13

3. QUESTIONS DE PLANIFICATION, D'EVALUATION ET DE L'ENVIRONNEMENT

- 3.1 Cadre des moyens durables d'existence 3 - 7
 3.2 Différences des niveaux de circulation sur des routes de
mauvaise qualité en Tanzanie entre la saison de pluie et
la saison sèche..... 3 - 11
 3.3 Erreurs d'estimations de TMJA dans des comptages de
diverses durées 3 - 11
 3.4 Effets et impacts de placements routiers avec le temps 3 - 14
 3.5 Analyse économique des normes optimales de
dimensionnement de routes 3 - 15
 3.6 Chevauchement des avantages primaires et secondaires 3 - 19
 3.7 Composantes typiques d'une analyse des coûts de la durée de vie . 3 - 21
 3.8 Seuils de rentabilité des niveaux de trafic pour le revêtement
d'une route en gravier: approches traditionnelles contre
approches révisées 3 - 24
 3.9 Un cadre pour évaluer l'importance des impacts sur des
projets de RRFVC 3 - 32
 3.10 Exemple de l'évaluation de la valeur, de la magnitude et de
l'importance d'impacts sur des RRFVC 3 - 32

4. CONCEPTION GEOMETRIQUE ET LA SECURITE ROUTIERE

- 4.1 Eléments d'un profil typique en travers (d'après Austroads) 4 - 3
 4.2 Le processus de conception géométrique 4 - 8
 4.3 Comparaison internationale des morts dans des pays sélectionnés. 4 - 11
 4.4 Eléments du système routier et des conditions d'exploitation 4 - 11
 4.5 Un exemple des relations mutuelles entre les éléments
routiers et les conditions d'exploitation 4 - 12
 4.6 Facteurs contribuant aux accidents routiers..... 4 - 12
 4.7 Organigramme d'un audit de sécurité routière 4 - 14
 4.8 Le concept de domaine de conception..... 4 - 17
 4.9 Exemple de l'application du concept de domaine de
conception – largeur des accotements 4 - 18
 4.10 Exemples de bonnes et mauvaises combinaisons d'alignements
horizontaux et verticaux..... 4 - 27
 4.11 Processus de sélection afin d'assurer des bords de la route
"indulgents" 4 - 28

5. DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES, MATERIAUX ET REVETEMENTS

5.1	Coupe transversale d'une chaussée typique	5 - 5
5.2	Diffusion de la charge à roue à travers de la structure de la chaussée ..	5 - 5
5.3	Caractéristiques et indicateurs généralisées du comportement des chaussées	5 - 6
5.4	Cycle de Sol-Roche	5 - 10
5.5	Carte de l'Afrique Australe indiquant les Indices N climatiques ...	5 - 12
5.6	Schéma éclaircissant du rapport entre l'aspiration du sol/ résistance du sol	5 - 14
5.7	Le concept de base du tassement additionnel résultant de l'effondrement de la structure du sol	5 - 15
5.8	Guide à la méthode de stabilisation	5 - 18
5.9	Résultats du mélange mécanique de calcrète et de sable	5 - 19
5.10	Organigramme des étapes de prospection de matériaux	5 - 22
5.11	Rapport entre la raideur élastique et le CBR à un pouls de contraintes de 40 KPa	5 - 24
5.12	Système de dimensionnement d'une chaussée	5 - 27
5.13	Tendance typique de la croissance de trafic d'une RRFVC	5 - 29
5.14	Charges imputables au trafic contre le mécanisme dominant de détresse ..	5 - 30
5.15	Mouvements de l'eau dans les chaussées et les sous-couches (d'après NAASRA, 1987)	5 - 31
5.16	Zones d'humidité dans une RRFVC typique	5 - 33
5.17	Configuration de chaussée pour des matériaux de la Zone A (matériaux non traités)	5 - 36
5.18	Composantes d'une analyse typique des coûts de la durée de vie ..	5 - 41
5.19	Coûts combinés de différentes capacités structurelles de chaussées ...	5 - 41
5.20	Représentation schématique de différents genres de revêtements bitumineux en usage courant	5 - 44
5.21	Graphique de durcissement de bitume d'un bitume d'une durabilité donnée	5 - 48
5.22	L'effet de déflexions superficielles sur la durée de vie d'un enduit ...	5 - 52

6. CONSTRUCTION ET DRAINAGE

6.1	Dispositions possibles de l'entreprise de travaux à fort coefficient de main-d'œuvre	6 - 6
6.2	Guide à la sélection du matériel de compactage	6 - 13
6.3	Schématique du concept de "compactage au refus"	6 - 14
6.4	Schématique du procédé de finition des couches de base en gravier naturel	6 - 20
6.5	Illustration de deux techniques alternatives de mélange sur la route ..	6 - 21
6.6	Construction d'accotements scellés pour des routes bitumineuses existantes originellement construites avec des accotements non scellés ..	6 - 22
6.7	Défauts typiques de drainage associés avec des sections déblai/remblai de chaussées	6 - 30
6.8	Problèmes potentiels de drainage associés avec la construction de chaussées en dépression	6 - 31
6.9	Interception avantageuse d'écoulement superficielle et d'infiltration de l'eau interstitielle	6 - 31
6.10	Défauts typiques de drainage associés avec la construction des accotements de chaussée	6 - 32
6.11	Des dispositions idéales de la construction/drainage des accotements ..	6 - 32

7. L'ENTRETIEN ET LA GESTION ROUTIERE

7.1	Tendances de dépenses routières dans la région de la CDAA	7 - 2
7.2	Dégradation typique de l'état des routes avec du temps	7 - 5
7.3	Contribution de différents composants à la rugosité totale anticipée pour une route revêtue à moyens/faibles volumes de circulation	7 - 5
7.4	Le cycle vicieux d'entretien inadéquat	7 - 7
7.5	Rapport entre les normes d'entretien et les coûts de transport	7 - 8
7.6	Les fonctions de la gestion d'entretien routier par rapport au réseau routier et aux usagers des routes	7 - 12
7.7	Cycle et portée des fonctions de la gestion de l'entretien	7 - 13
7.8	Sélection de normes appropriées d'entretien	7 - 15
7.9	Organigramme des tâches d'enquêtes de l'état des routes	7 - 17
7.10	Exemple d'une distribution cumulative de rugosité des catégories différentes des routes	7 - 18
7.11	Exemple d'un SGR simple de base	7 - 21

Liste des Tableaux

1. INTRODUCTION

1.1	Caractéristiques des RRFVC	1 - 3
-----	----------------------------------	-------

2. CADRE REGIONAL

2.1	Inventaire du réseau routier régional de la CDAA	2 - 5
2.2	Fonctions des routes et classements types	2 - 7
2.3	Etat des grandes routes dans la région de la CDAA	2 - 8
2.4	Considérations de durabilité des routes en gravier	2 - 10
2.5	Facteurs influant sur la prestation des RRFVC dans la région de la CDAA	2 - 11

3. QUESTIONS DE PLANIFICATION, D'ÉVALUATION ET DE L'ENVIRONNEMENT

3.1	Cadre pour la planification et l'évaluation	3 - 3
3.2	Cycle de projet et des activités liées.	3 - 4
3.3	Facteurs extérieurs qui influent sur la planification des RRFVC	3 - 6
3.4	Options de réduire les coûts de construction	3 - 18
3.5	Sources d'information au sujet des transports non motorisés.....	3 - 20
3.6	Comparaison des modèles d'évaluation de placement HDM-4 et DER.....	3 - 22
3.7	Applicabilité des modèles de placement à l'évaluation des RRFVC..	3 - 23
3.8	Facteurs influant sur le seuil de trafic pour l'amélioration.....	3 - 24
3.9	Pierres angulaires de l'environnement	3 - 26
3.10	Un cadre pour l'EIE	3 - 29

4. CONCEPTION GEOMETRIQUE ET LA SECURITE ROUTIERE

4.1	Cadre de conception	4 - 7
4.2	Les directives/manuels de conception employés dans la région de la CDAA.	4 - 15
4.3	Caractéristiques de conducteur recommandées pour des routes rurales/routes à faibles volumes de circulation.....	4 - 20
4.4	Valeurs recommandées de vitesse de référence pour des guides sélectionnées de conception.....	4 - 21
4.5	Distances minimums de visibilité d'arrêt (DVA) et de dépassement (DVD)	4 - 22
4.6	Exemples des largeurs normales de profils en travers.....	4 - 25
4.7	Rayons de conception pour des surélévations différentes.....	4 - 25
4.8	Comparaison des rayons minimums de courbure horizontale.....	4 - 26
4.9	Comparaison des rayons minimums de "K" pour des courbures verticales (m).....	4 - 27

5. DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES, MATERIAUX ET REVETEMENTS

5.1	Effets de la dégradation sur les RRFVC	5 - 7
5.2	Différences entre les matériaux conventionnels et les matériaux pédogéniques	5 - 10
5.3	Zones climatiques: Pluviométrie moyenne annuelle approximative et les Indices N	5 - 11
5.4	Caractéristiques des matériaux en fonction du climat (Indice N) ..	5 - 12
5.5	Indicateurs du potentiel d'effondrement et de la gravité du problème	5 - 16
5.6	Emplois courants des inventaires des matériaux	5 - 25
5.7	Conseils pour la sélection de la durée de vie d'une chaussée	5 - 28
5.8	Variation des rapports entre les teneurs en eau sur le terrain et les teneurs optimums en eau en fonction de la zone climatique	5 - 34
5.9	Catégories de matériaux de chaussée et leurs caractéristiques relatives	5 - 35
5.10	Des méthodes de conception de chaussées qui sont appropriées pour la région de la CDAA.....	5 - 38
5.11	Liste de contrôle typique des facteurs de conception de chaussées des RRFVC.....	5 - 40
5.12	Différences relatives dans les propriétés requises entre les genres de revêtement sur des RRFVC.....	5 - 45
5.13	Durée de vie anticipée de quelques enduits superficiels typiques...	5 - 45
5.14	Exigences d'agrégats de revêtements	5 - 46
5.15	Quelques spécifications des agrégats de revêtement.....	5 - 50
5.16	Révisions proposées pour les spécifications des enduits à gravillons pour des RRFVC ..	5 - 51
5.17	Sélection d'un enduit basée sur ses propriétés marginales	5 - 53
5.18	Coûts relatifs de construction de revêtements des RRFVC	5 - 54
5.19	Convenance de différents revêtements pour utilisation sur des RRFVC.....	5 - 55

6. CONSTRUCTION ET DRAINAGE

6.1	Données d'entrée requises pour la réalisation d'un enduit bitumineux de scellement satisfaisant	6 - 23
6.2	Production d'agrégat pour des revêtements bitumineux	6 - 24
6.3	Facilité pour la main-d'œuvre de différents genres d'enduit	6 - 25
6.4	Priorité en contrôle de qualité	6 - 28

7. ENTRETIEN ET GESTION ROUTIERES

7.1	Activités d'entretien	7 - 3
7.2	Problèmes l'entretien conséquences et solutions de	7 - 4
7.3	Fonctions des diverses parties intéressées du secteur routier	7 - 15
7.4	Normes typiques d'entretien courant.....	7 - 16
7.5	Éléments des données d'état.....	7 - 18
7.6	Exemple de la "Méthode de Choix du Traitement"	7 - 19
7.7	Stratégies contractuelles et l'allocation du risque.....	7 - 26

Stratégies contractuelles et l'allocation du risque

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). *(Association Américaine des Fonctionnaires de Chaussées et Transportation d'Etat)*

L'AASHTO est une association impartiale à but non lucratif qui représente les services de routes et de transports des Etats Unis et Puerto Rico. Elle représente les cinq modes de transport : dans l'air, les chaussées, le transport public, les chemins de fer et l'eau. Son objectif est de promouvoir le développement, l'exploitation et l'entretien d'un système national intégré de transport en recommandant des politiques de transport, en fournissant des services techniques, en démontrant les contributions du transport et en facilitant le changement institutionnel.

444 North Capitol Street N.W., Suite 249
Washington DC 20001
Etats-Unis

Tel: +1 (202) 624 5800
Télécopie (Fax): +1 (202) 624 5806
Mess.Elect: info@aaashto.org
www.transportation.org/aaashto/home.nsf/FrontPage

ASTM International

L'ASTM International est une organisation à but non lucratif qui fournit un forum pour l'élaboration et publication de normes volontaires consensuelles pour des matériaux, produits, systèmes et services. Ces normes sont une partie importante de l'infrastructure d'informations qui guide la conception, la fabrication et le commerce dans l'économie globale. L'ASTM International a plus de 20 000 membres dans plus de 100 pays, représentant des producteurs, usagers, consommateurs, des gouvernements et des universités.

PO Box C700
100 Barr Harbor Drive
West Conshohocken
PA 19428-2959
Etats-Unis

Tel: +1 (610) 832 9585
Télécopie (Fax): +1 (610) 832 9555
Mess.Elect: service@astm.org
(Customer service)
www.astm.org

Australian Road Research Board (ARRB)

(Conseil australien de recherche routière)

L'ARRB est le fournisseur dominant en Australie de recherche et de services techniques liés aux transports. Il possède une réserve de chercheurs, ingénieurs, techniciens de laboratoire et personnel de soutien expérimenté à des compétences particuliers en la surveillance et gestion des biens infrastructurels, sécurité routière et en l'ingénierie de la circulation et la politique de transports et en la gestion. L'ARRB fonctionne dans beaucoup de pays en Asie, Europe et les Amériques avec une variété de clients, y compris les organismes internationaux d'aide, des gouvernements nationaux et locaux, les administrations routières gouvernementales et les sociétés de construction, de transports et de mines.

Head Office
500 Burwood Highway
Vermont South
Victoria 3133
AUSTRALIE

Tel: +61 3 9881 1555
Télécopie (Fax): +61 3 9887 8104
Mess.Elect: info@arrb.com.au
www.arrb.com.au

Austroroads

Austroroads est l'association des administrations de transports routiers et de circulation dans l'Australie et la Nouvelle Zélande. Son objectif est de contribuer à l'amélioration des transports australiens et néo-zélandais par le développement et promotion de la pratique courante pour la gestion sûre et efficace du système routier, la fourniture de soutien professionnel et de conseils à ses membres, l'évaluation et le développement de normes australiennes et néo-zélandaises et la gestion du National Strategic Research Programme (Programme National de Recherche Stratégique).

PO Box K659
Haymarket
NSW 2000
AUSTRALIE

Tel: +61 2 9264 7088
Télécopie (Fax): +61 2 9264 1657
Mess.Elect: austroroads@austroroads.com.au
www.austroroads.com.au

Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)

(Conseil pour la Recherche Scientifique et Industrielle)

Le CSIR est une organisation scientifique et technologique de recherche, développement et de mise en application et joue un rôle dans le développement de l'Afrique du Sud comme une nation et dans la Communauté de Développement de l'Afrique Australe (CDA). Transportek, un de ses huit divisions opérationnelles, offre de l'expertise spécialisée dans les domaines de recherche en transport, la gestion de la circulation, l'infrastructure des transports, la gestion de la technologie et de l'information, le développement d'entrepreneurs et la planification rurale et d'accessibilité.

PO Box 395
Pretoria 0001
AFRIQUE DU SUD

Tel: + 27 12 841 2911
Télécopie (Fax): +27 12 349 1153
Mess.Elect: webmaster@csir.co.za
www.csir.co.za

Department for International Development (DFID)

(Département de Développement International)

Le DFID a un grand programme d'aide de développement et charge d'autres organisations d'entreprendre des programmes de recherche et dissémination dont le thème est lié aux transports. Le DFID a aussi un website dont le but est de susciter la conscience de l'importance pour le développement, au sein du contexte de pays en voie de développement. Beaucoup de documents peuvent être transférés de son website. Son adresse est www.transport-links.org.

1 Palace Street
London SW1E 5HE
ROYAUME UNI
Public Enquiry Point

Tel: P (A l'intérieur du Royaume Uni):
0845 300 4100
Tel : (A l'extérieur du Royaume Uni)
+44 (0)1355 84 3132
Télécopie (Fax): +44 (0)1355 843 632
Mess.Elect: enquiry@dfid.gov.uk
www.dfid.gov.uk

ILO – Advisory Support, Information Services and Training (ILO/ASIST)

(OIT – Conseils de Soutien, Services d'Information et de Formation)

L'Organisation Internationale du Travail (OIT) est l'agence de l'ONU qui cherche à la promotion de justice sociale et des droits internationalement reconnus de l'homme du travail. L'OIT a une structure tripartite unique dans laquelle les ouvriers et les employeurs participent comme des partenaires égales avec des gouvernements. L'ILO/ASIST, une partie du Programme d'Investissement d'Emplois Intensifs de l'OIT, cherche à contribuer à l'allègement de la pauvreté par l'utilisation de méthodologies de planification à niveau local et de stratégies d'emplois intensifs pour la mise en application de l'infrastructure rurale et urbaine. L'ILO/ASIST même a deux Programmes Régionaux, gérés par les bureaux ci-dessous, et publie un Bulletin régulier.

ASIST – Asia Pacific
UN Building 7th Floor B-side
PO Box 2-349
Rajdamnorn Nok Avenue
Bangkok 10200
THAÏLANDE
Tel: +66 2 2882235
Télécopie (Fax): +66 2 2881062
Mess.Elect: asist-ap@ilo.org
www.ilo.org/asist & www.iloasist.org

ASIST – Africa
PO Box 210
Harare
Zimbabwe
Tel: +263 4 369 824-8
Télécopie (Fax): +263 4 369 829
Mess.Elect: asist@ilo.org
www.ilo.org/asist

Institution of Civil Engineers (ICE)*(Association des Ingénieurs Civils)*

L'ICE est une association indépendante d'ingénierie qui représente presque 80 000 ingénieurs civils professionnels dans le Royaume Uni et à travers le monde. Les objectifs de l'ICE sont de promouvoir l'instruction et la formation, de fournir du statut professionnel, d'agir comme la voix de la profession et de faciliter la pratique courante. L'ICE publie également des formes types de contrat, y compris la série NEC de contrats, qui sont convenables pour l'utilisation internationale.

Great George Street
Westminster
London SW1P 3AA
ROYAUME UNI

Tel: +44 (0)207 222 7722
Télécopie (Fax): +44 (0)207 222 7500
Mess.Elect: www.ice.org.uk

International Forum for Rural Transport and Development (IFRTD)*(Forum Internationale des Transports et Développement ruraux)*

L'IFRTD est un réseau global d'individus et d'organisations, qui comprend des organisations communautaires, des organisations non gouvernementales (ONG), des universités, des gouvernements, des organismes de subvention, des consultants et des institutions techniques. Sa mission est de promouvoir des politiques et pratiques qui abordent les questions d'accès et de mobilité comme des moyens d'éliminer la pauvreté rurale. L'IFRTD a un Secrétariat décentralisé basé dans le Royaume Uni, au Kenya, en Pérou et au Sénégal.

Chaque trimestre l'IFRTD publie le Forum News. L'adresse dans le Royaume Uni est donnée ci-dessous:

113 Spitfire Studios
63-71 Collier Street
London N1 9BE
ROYAUME UNI

Tel: +44 (0)207 713 6699
Télécopie (Fax): +44 (0)207 713 8290
Mess.Elect: ifrtid@ifrtid.org
www.ifrtid.org

International Federation of Consulting Engineers (FIDIC)*(Fédération Internationale d'Ingénieurs Conseils)*

La FIDIC est une fédération internationale d'associations nationales d'ingénieurs conseils. La FIDIC agit comme un forum pour l'échange de vues et d'information et activement encourage des discussions de sujets de concerne mutuel entre les associations membres. Plus amples renseignements, y compris des bons de commande de contrats et d'autres publications, sont disponibles sur son website.

PO Box 311
CH-1215
Genève 15
SUISSE

Tel: +41 22 799 49 00
Télécopie (Fax): +41 22 799 49 01
Mess.Elect: fidic@fidic.org
www.fidic.org

International Road Federation (IRF)*(Fédération routière internationale)*

L'IRF est une organisation internationale non gouvernementale à but non lucratif avec des membres tirés des secteurs publics et privés et des institutions d'environ 70 pays. Etablie en 1948 par des leaders des affaires et de l'industrie, sa mission est d'encourager et promouvoir le développement et l'entretien de meilleures routes et réseaux routiers qui sont plus sûrs. Aujourd'hui l'IRF continue à montrer le chemin dans la domaine de développement international de l'infrastructure routière et de la gestion, par ses deux centres de programme ci-dessous.

Geneva Programme Centre

Chemin de Blandonnet 2
CH-1214 Vernier (Genève)
SUISSE
Tel: +41 22 306 0260
Télécopie (Fax): +41 22 306 0270

Washington Program Centre

1010 Massachusetts Avenue NW
Suite 410
Washington DC 20001
ETATS UNIS
Tel: +1 (202) 371 5544
Télécopie (Fax) : +1 (202) 371 5565
Mess.Elect: info@irfnet.org
www.irfnet.org

Norwegian Public Roads Administration (NPRA)*(Administration norvégienne des routes publiques)*

La NPRA est l'administration routière nationale de Norvège. Elle a la responsabilité des routes nationales et départementales, à une longueur d'environ 54 000 Km et ses devoirs comprennent la planification stratégique du réseau et d'autres modes de transports, la passation de marchés pour la construction et l'entretien, la gestion de la circulation, les normes techniques, l'immatriculation et l'inspection de véhicules et l'émission des permis de conduire. Le Bureau d'Affaires Internationales coordonne la coopération internationale avec plusieurs pays de l'Europe et d'Afrique.

Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
0033 OSLO
NORVEGE

Tel: +47 22 07 35 00
Télécopie (Fax): +47 22 07 37 68
Mess. Elect: firmapost@vegvesen.no
www.vegvesen.no

Southern African Bitumen Association (Sabita)*(Association de Bitume de l'Afrique Australe)*

La Sabita est à la tête de la contribution de l'industrie de produits bitumineux au développement de l'Afrique australe. Financée par ses membres, la mission triple de la Sabita est, par ses programmes de mise en application des routes, de promouvoir le développement social et économique, d'enseigner et instruire des employés dans l'industrie par des schèmes formellement agréés et d'encourager la pratique courante afin de réaliser la livraison compétitive des produits bitumineux et la construction et entretien coût-efficaces des routes.

Postnet Suite 56
Private Bag X21
7450 Howard Place
AFRIQUE DU SUD

Tel: +27 21 531 2718
Télécopie (Fax): +27 21 531 2606
Mess. Elect: info@sabita.co.za
www.sabita.co.za

Southern Africa Transport and Communications Commission (SATCC)*(Commission des Transports et des Communications d'Afrique Australe) (CTCAA)*

La fonction principale de l'Unité Technique de la CTCAA (CTCAA-UT) est de fournir de soutien technique et administratif aux agences de mise en application et de surveiller la conformité des états-membres à leurs obligations en termes de la mise en vigueur du Protocole de la CDAA sur des Transports, Communications et Météorologie.

SADC
Private Bag 0095
SADC House
Gaborone
BOTSWANA

Tel: +267 3951 863
Télécopie (Fax): +267 3972 848
Mess. Elect: registry@sadc.int

Transportation Research Board (TRB)*(Conseil de Recherche du Transports)*

Le TRB est une unité du Conseil National de Recherche, une institution privée à but non lucratif, qui est l'agence opérationnelle principale de la National Academy of Sciences (Académie Nationale des Sciences) et la National Academy of Engineering (Académie Nationale de l'Ingénierie). La mission du TRB est de promouvoir l'innovation et le progrès dans les transports en stimulant et effectuant de recherche, en facilitant la dissémination d'information et en encourageant la mise en application des résultats de la recherche. Le TRB organise des réunions annuelles qui attirent un grand nombre de professionnels dans le domaine des transports de partout dans le monde.

Keck Center of the National Academies
Transportation Research Board
500 Fifth Street, NW
Washington DC 20001
ETATS UNIS

Tel: +1 (202) 334 2934
Télécopie (Fax): +1 (202) 334 2003
Mess. Elect: TRBSales@nas.edu
(Publications and Sales/
Publications et Ventes)
www.trb.org

TRL Ltd

TRL Ltd est un des centres internationaux indépendants de recherche les plus grands et les plus compréhensifs qui travaillent dans la domaine de transports routiers. Son personnel international travaille dans des projets pour une large gamme de clients, y compris le DFID, la Banque Mondiale et les Banques de Développement de l'Afrique et de l'Asie.

Centre for International Development
Old Wokingham Road
Crowthorne
Berkshire RG45 6AU
ROYAUME UNI

Tel: +44 (0)1344 773131
Télécopie (Fax): +44 (0)1344 770356
Mess.Elect:international_enquiries@trl.co.uk
www.trl.co.uk

La Banque Mondiale

La Banque Mondiale finance beaucoup de projets des transports ruraux dans des pays en voie de développement et coordonne le Programme de Déplacements et Transports Ruraux et l'Initiative de l'Entretien Routier du Programme des Politiques de Transport en Afrique subsaharienne (PTASS). Sa Groupe Thématique de Transports Ruraux a rendu des produits importants traitant de la connaissance des transports ruraux. Une quantité importante de matériel est disponible à l'adresse suivante: www.worldbank.org/transport/rt_over.htm

1818 H Street N.W.
Washington D.C.
20433
ETATS UNIS

Tel: +1 (202) 473-1000
Télécopie (Fax): +1 (202) 477-6391
www.worldbank.org

Association Internationale Permanente des Congrès de la Route (AIPCR)

L'AIPCR est une association non politique et non commerciale dont l'objectif principal est de devenir le leader mondial dans la fourniture d'informations sur des routes et la politique des transports routiers et elle fonctionne au sein d'un contexte des transports intégrés durables. Elle coordonne des comités techniques internationaux, organise des séminaires internationaux et publie des documents.

La Grande Arche
Paroi nord, niveau 8
92055 La Defense
Paris
FRANCE

Tel: +33 (1) 47 96 81 21
Télécopie (Fax): +33 (1) 49 00 02 02
Mess.Elect: piarc@wanadoo.fr
www.piarc.org