



COMMUNAUTE ECONOMIQUE EUROPEENNE
COMMISSION

ETUDE
DE CHAUSSEES ECONOMIQUES
EN AFRIQUE

SERIE DEVELOPPEMENT DE L'OUTRE-MER



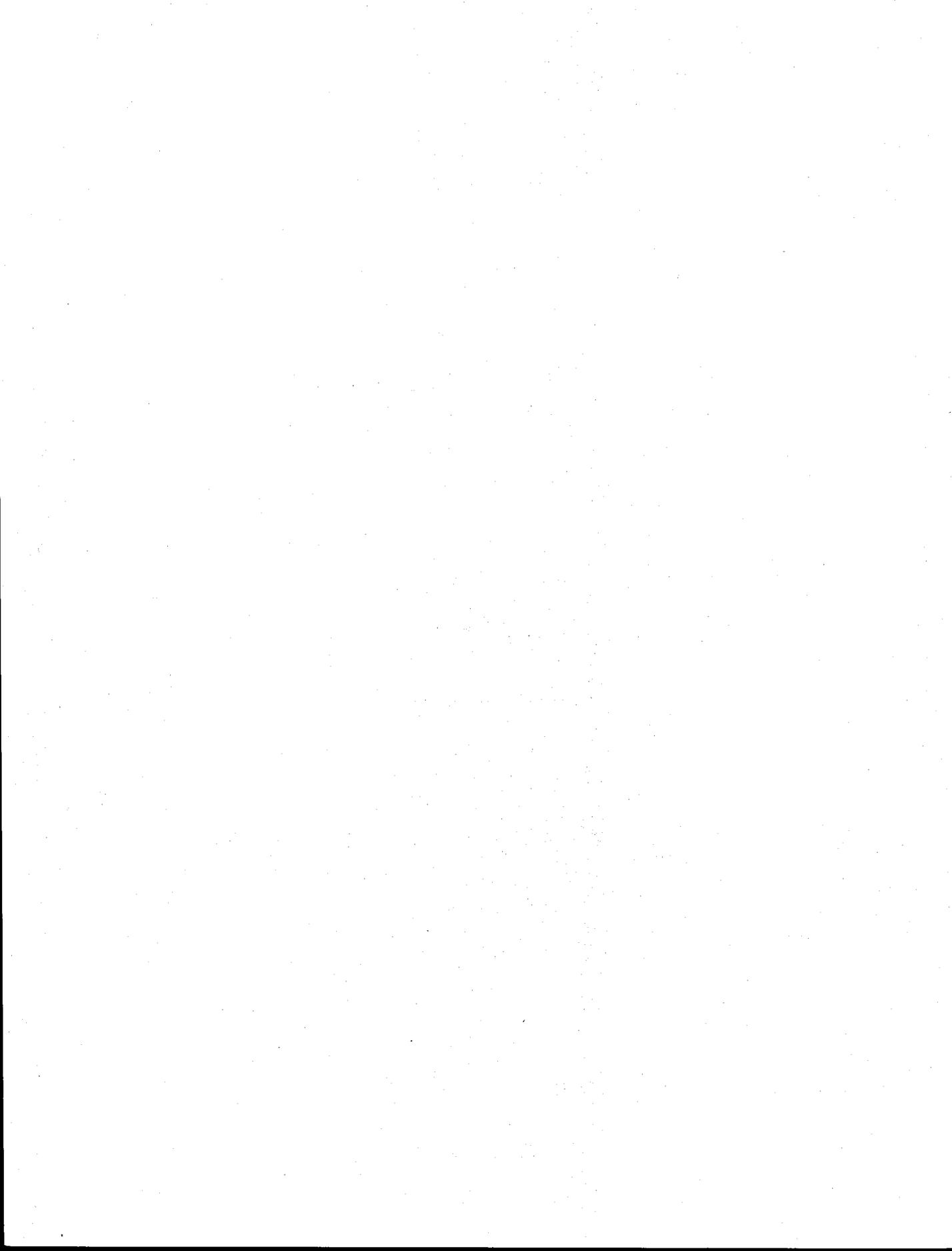
Etude de chaussées économiques en Afrique

Réalisée par la Compagnie d'Etudes du Congo et le Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics et publiée dans la série « Développement de l'Outre-mer » des Etudes de la CEE (500 p. — format 20,5 x 27).

L'Etude est rédigée en français et mise en vente au prix de 600 FB.

C'est un travail technique comportant graphiques et chiffres accessibles à tous les techniciens.

Ci-joint un résumé de l'introduction et le sommaire de l'Etude.



Sommaire

1 – INTRODUCTION

1.1 – BUT ET PORTEE DE L'ETUDE

1.2 – COMPLEXITE DU PROBLEME

1.3 – METHODES DE L'ETUDE

1.3.1 – Détermination des sols-types

1.3.2 – Etude de la stabilisation du corps de chaussée

1.3.3 – Etude des conditions de mise en œuvre

1.3.4 – Etude économique

1.4 – PLAN DE L'ETUDE

2 – ETUDE DU CORPS DE CHAUSSEE

2.1 – GENERALITES

2.2 – SYNTHESE DES ESSAIS EN LABORATOIRE

2.2.1 – Stabilisation mécanique

1. Essais de compactage Proctor Modifié

2. Essais de portance

3. Caractéristiques mécaniques

4. Conclusions

2.2.2 – Stabilisation à la chaux

1. Mode d'action de la chaux

2. Influence sur les limites d'Atterberg

3. Essais de compactage Proctor Modifié

4. Essais de portance C.B.R.

5. Caractéristiques mécaniques

6. Conclusions

2.2.3 – Stabilisation au ciment

1. Mode d'action du ciment

2. Influence sur les limites d'Atterberg

3. Essais de compactage Proctor Modifié
4. Essais de portance C.B.R.
5. Caractéristiques mécaniques
6. Conclusions

2.2.4 — Stabilisation aux liants hydrocarbonés

1. Mode d'action des liants
2. Sable
3. Sable argileux
4. Sable argile
5. Argile sableuse et argile

2.3 — CONSTITUTION DU CORPS DE CHAUSSEE

2.3.1 — Détermination des épaisseurs

1. Généralités
2. Sable
3. Sable argileux
4. Sable argile
5. Argile sableuse
6. Argile

2.3.2 — Choix du mode de stabilisation et dosage

1. Généralités
2. Stabilisation du sable
 1. Stabilisation mécanique
 2. Stabilisation à la chaux
 3. Stabilisation au ciment
 4. Stabilisation aux liants hydrocarbonés
3. Stabilisation du sable argileux
4. Stabilisation du sable argile
5. Stabilisation de l'argile sableuse
6. Stabilisation de l'argile
7. Cas d'un sol intermédiaire
 1. Détermination du mélange équivalent au sol étudié
 2. Stabilisation mécanique
 3. Stabilisation à la chaux
 4. Stabilisation au ciment
 5. Stabilisation aux liants hydrocarbonés

2.4 — REMARQUES SUR LA STABILISATION AU LIGNO-SULFITE

3 — CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

3.1 — GENERALITES

3.1.1 — Opérations élémentaires

1. Traitement de la plate-forme
2. Traitement des fondations et couches de base
 - 2.1 — Apport du matériau
 - 2.2 — Préparation du matériau
 - 2.3 — Incorporation du liant
3. Compactage et finitions

3.1.2 — Choix des engins

3.2 — CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

3.2.1 — Opérations élémentaires

1. Sable
2. Sable argileux
3. Sable argile
4. Argile sableuse
5. Argile

3.2.2 — Choix des engins

1. Sable
2. Sable argileux
3. Sable argile
4. Argile sableuse
5. Argile

3.2.3 — Etude du rendement des engins

1. Formule générale de production
2. Valeurs pratiques du coefficient d'utilisation
3. Application en opération élémentaire

3.3 — CONCLUSIONS PARTICULIERES

3.3.1 — Opérations élémentaires

3.3.2 — Choix des engins

4 — CONSIDERATIONS D'ORDRE ECONOMIQUE

4.1 — GENERALITES

4.1.1 — Introduction

4.1.2 — Paramètres intervenant dans le calcul d'un prix

1. Dépenses en matériaux
2. Dépenses de mise en œuvre

4.1.3 — Complexité de l'Etude

1. Incidence des prix de matériaux
2. Incidence des prix de revient des engins
3. Incidence de la production des engins

4.2 — ELEMENTS DU PRIX DE REVIENT D'UNE SOLUTION

4.2.1 — Prix de revient des matériaux

1. Apport du matériaux à stabiliser
2. Approvisionnement des liants
3. Approvisionnement de l'eau

4.2.3 — Prix de revient d'un engin

1. Méthodes de calcul d'un prix de revient
2. Exemples de barême de locations

4.2.4 — Analyse des frais de chantier et des frais généraux

1. Frais de chantier
2. Frais généraux entreprise

4.2.5 — Frais d'Etudes et de Contrôle

4.3 — PRIX DE REVIENT D'UNE SOLUTION

4.3.1 — Coût des opérations élémentaires

4.3.2 — Coût d'une solution

Introduction

1.1 — BUT ET PORTEE DE L'ETUDE

La présente étude traite de la constitution des *chaussées à éléments fins* en Afrique et s'intéresse principalement à la confection du corps de chaussée. Elle n'a pas la prétention d'être exhaustive. En effet, un certain nombre de points ont été volontairement délaissés dans ce qui va suivre, en particulier les questions concernant les recherches de tracés et de profils, les mouvements de terre, les recherches d'emprunts, les ouvrages.

Par ailleurs, le cas des chaussées à squelette n'a pas été envisagé. Deux raisons justifient cette omission volontaire : la première, c'est l'existence sur les territoires africains de nombreuses zones de sols fins totalement dépourvues de gros éléments. Un rapide aperçu géologique de l'Afrique permet de nous en convaincre (voir carte sommaire ci-jointe, fig. 2).

L'Afrique est surtout constituée d'un bloc huronien dont la partie ancienne comporte une série de zones d'envoyage qui sont essentiellement constituées de sables et d'argile.

On distingue particulièrement :

- des bassins intérieurs tels que ceux du Niger, du Tchad, du Congo, de l'Angola et du Kalahari ;
- des bassins extérieurs tels que ceux du Sénégal, du golfe de Guinée, de la Côte d'Ivoire, du Dahomey-Nigéria, des Somalies, de Lybie, d'Egypte et de nombreux autres de moindre surface.

Cet ensemble représente une partie importante de la superficie de l'Afrique.

La deuxième raison est d'ordre pécuniaire. En effet, l'emploi de pierrailles et graviers exige pratiquement toujours l'installation de carrières, et une exploitation fatalement limitée dans le temps à la construction de la route, donc peu économique.

C'est pourquoi il convient d'essayer d'employer au maximum les matériaux se trouvant à pied d'œuvre et parallèlement, de réduire le pourcentage de matériaux à prix de revient élevé.

Les idées exposées ci-dessus expliquent que la technique des sols stabilisés voie son champ d'action s'établir continuellement. Or, les normes habituellement admises

en Europe ne sont, en général, plus valables dans les pays africains, cela à cause de différences sensibles dans le climat et le trafic.

En effet, la plupart des régions africaines ne connaissent pas le gel. De plus, si en Europe les impératifs du trafic exigent la pose immédiate de revêtements routiers du type « lourd », il est au contraire possible en Afrique de faire varier les méthodes de revêtement de façon à réaliser des routes adaptées aux besoins du moment et n'exigeant pas, au départ, des dépenses souvent déraisonnables ; autrement dit, il convient de rechercher des solutions du type progressif. Par voie de conséquence, les solutions adoptées conduisent à des conditions de mise en œuvre spéciales.

Malheureusement, aucune étude systématique n'avait été entreprise jusqu'alors et les quelques résultats obtenus restaient fragmentaires. En particulier, aucune synthèse des réalisations antérieures n'avait été élaborée et il n'existait pas de bases pour observer la tenue de ces réalisations dans le temps et en déduire des éléments positifs. Il s'ensuivait que les réalisations routières étaient généralement conçues ou bien avec une idée à priori, sans envisager la différente gamme de solutions possibles, ou bien avec une sécurité trop élevée, les administrations ne désirant pas prendre le risque d'imposer des solutions « légères » aux entreprises.

En résumé, on se trouvait en présence de techniques relativement jeunes, s'appuyant souvent sur des règles semi-empiriques et conduisant éventuellement à un supplément de coût inutile.

Il apparaissait donc comme des plus intéressant, de schématiser les problèmes dans un canevas général dans lequel pourraient s'inscrire les expériences et réalisations particulières faites dans les différents pays d'Afrique ; la discussion du canevas général servirait à établir un programme plus étendu des études ou des réalisations d'essais conduisant, en fin de compte, à la rédaction de règles techniques et économiques.

1.2 - COMPLEXITE DU PROBLEME

Les sols que l'on rencontre généralement en Afrique dans les Zones alluvionnaires ou détritiques sont composés de sable et d'argile. Cette représentation est évidemment grossière car il y a toujours d'autres éléments qui viennent s'ajouter à ces éléments de base, et de plus, la composition même de l'argile et du sable varie.

Cependant, si on examine les résultats d'essais, on remarque que la majorité des sols africains peut être considérée comme un mélange intime d'une argile de type latéritique et de sable fin.

Il est évidemment impossible de dresser le canevas général dont il est question au paragraphe précédent, en englobant immédiatement toutes les inconnues :

- de constitution des terrains
- de trafic
- de mise en œuvre
- d'économie.

Il importe donc de définir des règles pour les cas simples les plus courants quitte à les étendre, les compléter et les perfectionner par la suite.

1.3 — METHODES DE L'ETUDE

1.3.1 — DETERMINATION DES SOLS-TYPES

Nous avons donc été amenés à utiliser une argile latéritique de la région d'Abidjan et un sable fin de la région de Dakar, ces deux matériaux pouvant être considérés comme des matériaux de base.

Si A et S désignent respectivement l'argile et le sable ci-dessus, on peut considérer que les terrains définis par :

- A
- 0,75 A + 0,25 S
- 0,50 A + 0,50 S
- 0,25 A + 0,75 S
- S

et que nous désignerons dans toute la suite de l'étude par les termes :

- Argile
- Argile sableuse
- Sable-argile
- Sable argileux
- Sable,

répondent bien aux conditions du paragraphe 1.2.

Les expressions « sol-type » ou « matériau-type » s'appliqueront à l'un quelconque de ces sols.

Toutefois, l'énumération ci-dessus permet immédiatement de constater que, par exemple, le cas du silt pur d'ailleurs peu fréquent, sort du cadre de notre étude.

1.3.2 — ETUDE DE LA STABILISATION DU CORPS DE CHAUSSEE

Sous l'effet du compactage seul, certains terrains acquièrent des propriétés mécaniques suffisantes pour servir directement de couche de base aux routes. Ces terrains compactés ne nécessitent plus que la pose d'un enduit plus ou moins mince, suivant le trafic que doit supporter la route. Dans ces conditions, il s'agit d'une stabilisation mécanique pure.

Si sous l'effet du compactage seul les terrains ne parviennent pas à acquérir les propriétés mécaniques exigées pour la route, il convient de les améliorer pour qu'ils puissent satisfaire aux conditions nécessaires en leur incorporant :

- soit une autre terre de caractéristiques adéquates et, dans ce cas, il s'agit d'une stabilisation par simple amendement du sol ou « correction granulométrique »
- soit un produit quelconque comme la chaux, le ciment, les liants hydrocarbonés, les résines etc... et, dans ce dernier cas, il s'agit d'une stabilisation physico-chimique.

Economiquement parlant, la stabilisation mécanique est toujours la moins chère, puis vient la stabilisation par amendement qui utilise des matériaux d'un prix de revient faible et, enfin, la stabilisation physico-chimique qui nécessite l'emploi de produits relativement coûteux.

Les stabilisations exécutées à la chaux, au ciment ou aux liants hydrocarbonés sont néanmoins d'un emploi courant partout où il est impossible d'amender convenablement le terrain naturel et où les conditions routières imposent des caractéristiques géotechniques élevées.

Quoi qu'il en soit, ces méthodes sont généralement bien moins onéreuses que l'ancien procédé de fondation sur hérisson ou empierrements.

Pour circonscrire le problème dans des limites normales et raisonnables sans pour cela lui enlever tout caractère de généralité indispensable, les stabilisations suivantes ont donc été étudiées en laboratoire pour les cinq matériaux-types :

- *Stabilisation mécanique*
qui englobe partiellement la stabilisation par amendement des sols argileux au sable ou des sols sableux à l'argile.
- *Stabilisation physico-chimique*
 - à la chaux
 - au ciment
 - aux liants hydrocarbonés.

En ce qui concerne la détermination des épaisseurs, c'est la méthode C.B.R. qui a été employée, du moins pour les trois premiers genres de stabilisation. On peut formuler plusieurs critiques sur l'emploi de cette méthode : d'abord les critiques classiques portant sur la méthode elle-même. Nous ne nous y attarderons pas.

Ensuite, on peut se demander dans quelle mesure la méthode C.B.R. peut s'appliquer à des sols stabilisés à la chaux ou au ciment, donc plus ou moins rigides. Nous avons considéré que les stabilisations envisagées restaient de simples amendements et n'atteignaient jamais des dosages tels qu'on passe à la technique des sols-ciment; par voie de conséquence, nous avons ainsi admis que la méthode C.B.R. restait applicable. D'ailleurs, l'examen des résultats des essais de compression simple montre que dans le cas favorable d'essais à la teneur en eau optimale Proctor, les résistances restent inférieures à 25 kg/cm² valeur au-dessus de laquelle on considère généralement qu'il peut y avoir effet de dalle.

Il nous paraît toutefois utile de signaler ici l'importante étude entreprise récemment par l'AASHO (American Association of States Highway Officials) et fondée sur un critère différent.

Le comportement d'une chaussée a été jugé par un dispositif de cotation appelé « index d'aptitude au service » ou P.S.I. (Present Service-ability Index). Pour une charge déterminée et une fréquence d'application donnée, on fait correspondre au P.S.I. un indice d'épaisseur D , fonction linéaire et homogène des épaisseurs des différentes couches constituant la chaussée. L'indice d'épaisseur étant fixé, il est alors possible de lui faire correspondre un certain nombre de solutions, pratiquement limité, parmi lesquelles on choisira le plus économique, compte tenu des facteurs locaux.

1.3.3 — ETUDE DES CONDITIONS DE MISE ŒUVRE

Nous nous sommes également attachés à déterminer, suivant les différents sols-types, les engins à utiliser.

Nous

avons défini les opérations élémentaires successives qui entrent en ligne de compte dans la réalisation d'un sol stabilisé et nous avons étudié le rendement des engins pour chaque matériau type et pour une opération élémentaire donnée.

1.3.4 — ETUDE ECONOMIQUE

Nous avons enfin entrepris de donner quelques considérations d'ordre économique sur la construction de chaussées en Afrique.

Cette partie analyse les différents postes qui interviennent dans l'estimation du coût d'une solution à partir des essais en laboratoire et des prix moyens de mise en œuvre connus, tirés de réalisations déjà effectuées et s'apparentant aux méthodes retenues.

Il est ainsi possible de déterminer d'une façon approchée, des formules générales en fonction des divers paramètres à prendre en considération. Ces paramètres

pourront être affectés d'un terme de pondération dépendant des conditions climatiques de la région.

Les formules générales ne constituent évidemment qu'une base d'estimation et elles devront très probablement être corrigées en fonction des sanctions de l'expérience.

L'incidence du facteur géographique est étudié dans l'étude économique ; d'autre part, il est évident que certaines sujétions locales peuvent, à elles seules, imposer une solution. Ce sont toutefois des cas d'espèce qu'il est alors malaisé de classer et qui doivent être considérés comme exceptionnels.

1.4 - PLAN DE L'ETUDE

Notre étude sera donc articulée de la façon suivante :

- chapitre 1, c'est-à-dire le présent chapitre est une introduction, une présentation succincte des diverses idées développées par la suite ;
- le chapitre 2 contient l'interprétation des essais effectués en laboratoire avec les règles qui en découlent pour la conception du corps de chaussée ;
- le chapitre 3 aborde les questions de mise en œuvre des matériaux et de rendement des engins ;
- le chapitre 4 renferme les considérations d'ordre économique sur la constitution des chaussées.

Trois annexes font suite à la rédaction des chapitres.

- dans l'annexe 1, le lecteur trouvera les modes opératoires d'essais ainsi que les résultats bruts de ces essais ;
- l'annexe 2 expose les détails de quelques réalisations routières antérieures ;
- l'annexe 3 traite des méthodes générales de construction des revêtements superficiels.

Enfin, un questionnaire général est joint à l'étude pour permettre d'une part, de suivre les démarches qui ont conduit à l'élaboration d'une solution, d'autre part, de suivre la tenue de la chaussée.

BUREAUX DE VENTE

FRANCE

*Service de vente en France des publications
des Communautés européennes*
26, rue Desaix – Paris 15e
Compte courant postal : Paris n° 23-96

BELGIQUE

Moniteur belge – Belgisch Staatsblad
40, rue de Louvain – Leuvenseweg 40
Bruxelles 1 – Brussel 1

GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG

*Office central de vente des publications
des Communautés européennes*
9, rue Goethe – Luxembourg

ALLEMAGNE

Verlag Bundesanzeiger
5000 Köln 1 – Postfach
Fernschreiber: Anzeiger Bonn 8 882 595

PAYS-BAS

Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf
Christoffel Plantijnstraat – Den Haag

ITALIE

Libreria dello Stato
Piazza G. Verdi 10 – Roma

Agenzie:

Roma – Via del Tritone 61/A e 61/B
Roma – Via XX Settembre
(Palazzo Ministero delle Finanze)
Milano – Galleria Vittorio Emanuele 3
Napoli – Via Chiaia 5
Firenze – Via Cavour 46/r

GRANDE-BRETAGNE ET COMMONWEALTH

H.M. Stationery Office
P.O. Box 569
London S.E. 1

ETATS-UNIS D'AMERIQUE

European Community Information Service
808 Farragut Building
900-17th Street, N.W.
Washington, D.C., 20006

AUTRES PAYS

*Office central de vente des publications
des Communautés européennes*
2, place de Metz – Luxembourg
Compte courant postal : Luxembourg n° 191-90

SERVICES DES PUBLICATIONS DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

8201/1/IV/1967/5