

**RECYCLAGE DES CHAUSSEES A ENDUIT SUPERFICIEL
L'EXPERIENCE NEO-ZELANDAISE DANS LA LUTTE CONTRE L'INSTABILITE DES
COUCHES DE SURFACE**

WILLIAM GRAY

Opus International Consultants, Napier, Nouvelle-Zélande
william.gray@opus.co.nz

GORDON HART

Transit New Zealand, Napier, Nouvelle-Zélande
gordon.hart@transit.govt.nz

RESUME

Les pressions financières et les critères d'investissement stricts auxquels l'entretien des routes est soumis en Nouvelle-Zélande rendent difficile la justification des investissements dans le remplacement des chaussées sur la base d'analyses économiques des avantages pour les usagers. Cette situation s'est traduite par :

- (a) Une augmentation notable de la durée de vie moyenne des chaussées
- (b) Un plus grand nombre de resurfaçages effectués au cours du cycle de vie de la chaussée
- (c) Des difficultés à déterminer quel doit être le traitement minimum, et
- (d) Une hausse de la prise de conscience de l'importance des caractéristiques de sécurité.

Les nouvelles techniques d'entretien des chaussées, qui sont basées sur le recyclage des couches de surface et ont été développées en réponse aux problèmes d'entretien, sont discutées dans le présent document.

MOTS CLES

CHAUSSEE / STABILISATION / MATERIAUX / RESISTANCE AU DERAPAGE /
ENTRETIEN

1. Introduction

Les pressions financières auxquelles le budget néo-zélandais d'entretien des routes est soumis, et les critères d'investissement stricts qu'elles engendrent, rendent difficile la justification des investissements dans des projets tels que la rénovation des chaussées. Ceci est particulièrement vrai pour les régions 5 et 6 de Transit New Zealand (Gisborne et Hawke's Bay), où le trafic comparativement moindre et l'hostilité de l'environnement de construction accroissent encore cette difficulté. Au fil des années, cette situation s'est traduite par :

- (a) Un programme d'entretien dont l'objectif est de procurer une intervention rentable en temps opportun suivant la philosophie « ne réparer que ce qui est défectueux »
- (b) Un plus grand nombre de resurfaçages, en particulier pour les enduits superficiels, effectués au cours du cycle de vie de la chaussée
- (c) Une augmentation notable de la durée de vie moyenne des chaussées et de l'épaisseur des couches de surface
- (d) Des difficultés à déterminer quel doit être l'entretien minimum.

Le revêtement de la plupart des routes néo-zélandaises consiste en un enduit superficiel mince appliqué sur une chaussée souple construite à partir de graves non traitées aux liants. En règle générale, un matériau de couche de fondation sur un sol de fondation d'une portance comprise entre 2 et 6 est recouvert d'une couche de liaison et d'un enduit superficiel, qui constitue sa surface de roulement. La stratégie d'entretien principale se résume à un resurfaçage, effectué à l'aide d'enduits superficiels supplémentaires à intervalles de 4 à 16 ans (en fonction de la taille des gravillons et du mécanisme de défaillance). Le fait que la plupart des resurfaçages par ajout d'enduit superficiel peut être effectuée avant la détérioration structurelle de la chaussée souple justifie les investissements supplémentaires dans la portance de la chaussée.

L'augmentation de l'épaisseur des enduits superficiels, qui s'explique par le fait que la durée de vie de nos routes doit être de plus en plus longue, a également compromis d'autres aspects de notre réseau routier en matière de sécurité. La sélection de la technique la plus appropriée pour préserver les caractéristiques de frottement de surface du réseau routier, notamment la texture et la résistance au dérapage, est compromise par le ressuage des enduits superficiels de plus en plus épais.

Nos recherches ont démontré que la performance des enduits superficiels plus épais est comparable à celle d'un enrobé bitumeux de mauvaise qualité. Ces matériaux peuvent s'avérer instables. Nous avons découvert qu'une partie du poinçonnement en surface constaté sur l'ensemble du réseau peut être attribuée au cisaillement en surface des couches de revêtement. Dans de nombreux cas, il n'y a rien à reprocher à la structure des couches inférieures de la chaussée, lesquelles sont parfaitement adaptées à la charge de trafic prévue. Il a été démontré que cette instabilité des couches de surface est la cause directe du ressuage constaté pour de nombreuses chaussées.

Les techniques d'entretien innovantes développées en réponse à ces résultats comprennent notamment le recyclage des enduits superficiels et des couches de liaison supérieures. (Association mondiale de la route, 2001)

Ce document présente les résultats des recherches entreprises par Transit sur la performance des chaussées avec enduits superficiels épais. Il décrit les critères sur lesquels nous nous basons pour sélectionner les chaussées dont l'instabilité des couches de surface est présumée comme cause principale de la détérioration, entraînant la nécessité de travaux d'entretien. Il décrit également l'enquête sur site et les techniques de conception et dimensionnement des chaussées basées sur le risque dont nous sommes servis pour développer le traitement correctif de recyclage. Il présente par ailleurs les techniques de construction de recyclage utilisées sur le terrain ainsi que la performance des projets de recyclage.

2. La zone d'étude

Les régions 5 et 6 de Transit New Zealand (Gisborne et Hawke's Bay), la zone d'étude aux fins du présent document, sont sillonnées par un réseau routier national comprenant 800 km de routes nationales bitumées et 21 km de routes nationales non bitumées. La Figure 1 indique où la zone d'étude se trouve en Nouvelle-Zélande.



NEW ZEALAND NOUVELLE-ZELANDE
Study Area Zone d'étude

Figure 1 – Emplacement de la zone d'étude en Nouvelle-Zélande.

La topographie de la plupart du réseau routier national de la zone d'étude est accidentée à montagneuse. Le sous-sol se compose principalement de sédiments provenant de roches tendres. La qualité des granulats varie sur l'ensemble du réseau. Les sources de granulats de bonne qualité sont rares et peu répandues.

Le réseau est affecté par un climat changeant, avec des extrêmes allant des étés chauds et secs aux hivers froids et aux précipitations cycloniques.

3. Identification des besoins du réseau en termes d'entretien

Transit identifie et rapporte les besoins du réseau routier national en termes d'entretien et de développement dans le cadre d'un plan décennal et d'un processus de planification annuelle. Ces besoins sont planifiés sur la base de la longueur de traitement. En clair, cela

signifie que le réseau est segmenté en tronçons de chaussée à performances similaires, lesquels correspondent aux longueurs effectives qui subiront un traitement.

Les travaux prévisionnels sont planifiés pour une période de vingt ans sur la base de différents modèles d'information quant au traitement et, finalement, d'une inspection du réseau sur le terrain. Les données collectées sur le terrain par nos praticiens, dont la tâche est d'évaluer les travaux prévisionnels, comprennent l'historique et les listes d'anomalies, ces informations les aidant à déterminer la cause probable des défauts, y compris ceux liés au ressuage. Par la suite, ces listes d'anomalies sont utilisées en conjonction avec les prévisions issues de l'analyse de la détérioration de la chaussée pour définir les stratégies de traitement permettant d'optimiser le cycle de vie.

4. Les arguments en faveur du recyclage

Notre enquête sur les besoins en entretien des longueurs de traitement a souvent mis en évidence des cycles de rebitumage écourtés et des coûts d'entretien de routine en hausse. Dans de nombreux cas, ces déficiences ont également été associées au traitement du revêtement (ressuage) ou aux problèmes liés à l'entretien proche de la surface tels que le cisaillement ou la fissuration.

La plupart des chaussées étudiées étaient relativement anciennes (plus de 40 ans), présentaient des couches de surface d'une épaisseur plus importante que la normale (généralement entre 40 et 100 mm), et les matériaux utilisés pour leur revêtement contenaient une forte proportion de bitume (> 20 % en masse). Les enrobés bitumeux, de qualité variable, des couches de surface étaient constitués de couches multiples de liant et de gravillons. La qualité de granulats et la forte teneur en liant qui en résultent font que ces couches sont significativement moins stables que celles réalisées à l'aide d'un béton bitumeux.

Par le passé, nous aurions attribué la défaillance des chaussées présentant des signes de cisaillement en surface à la couche de liaison. Mais comme la Figure 2 le démontre, il semble que dans la plupart des cas, c'est la couche de surface qui pose problème.



Figure 2 – Cisaillement en surface de la couche de surface observée sur une route nationale

Dans les analyses économiques actuelles, les projets de recyclage sont justifiés en utilisant un facteur d'actualisation de 10 %. L'option sélectionnée doit être assortie d'une valeur actualisée nette positive.

7. Critères de sélection des sites de recyclage

Les critères que nous utilisons pour déterminer si une longueur de traitement peut être classée comme propice au recyclage sont le rapport liant-gravillons des couches de surface existantes, l'épaisseur du revêtement et la nécessité manifeste de l'entretien des couches de surfaces (p. ex. poinçonnement ou fissuration). Le processus de sélection est illustré à la Figure 4.

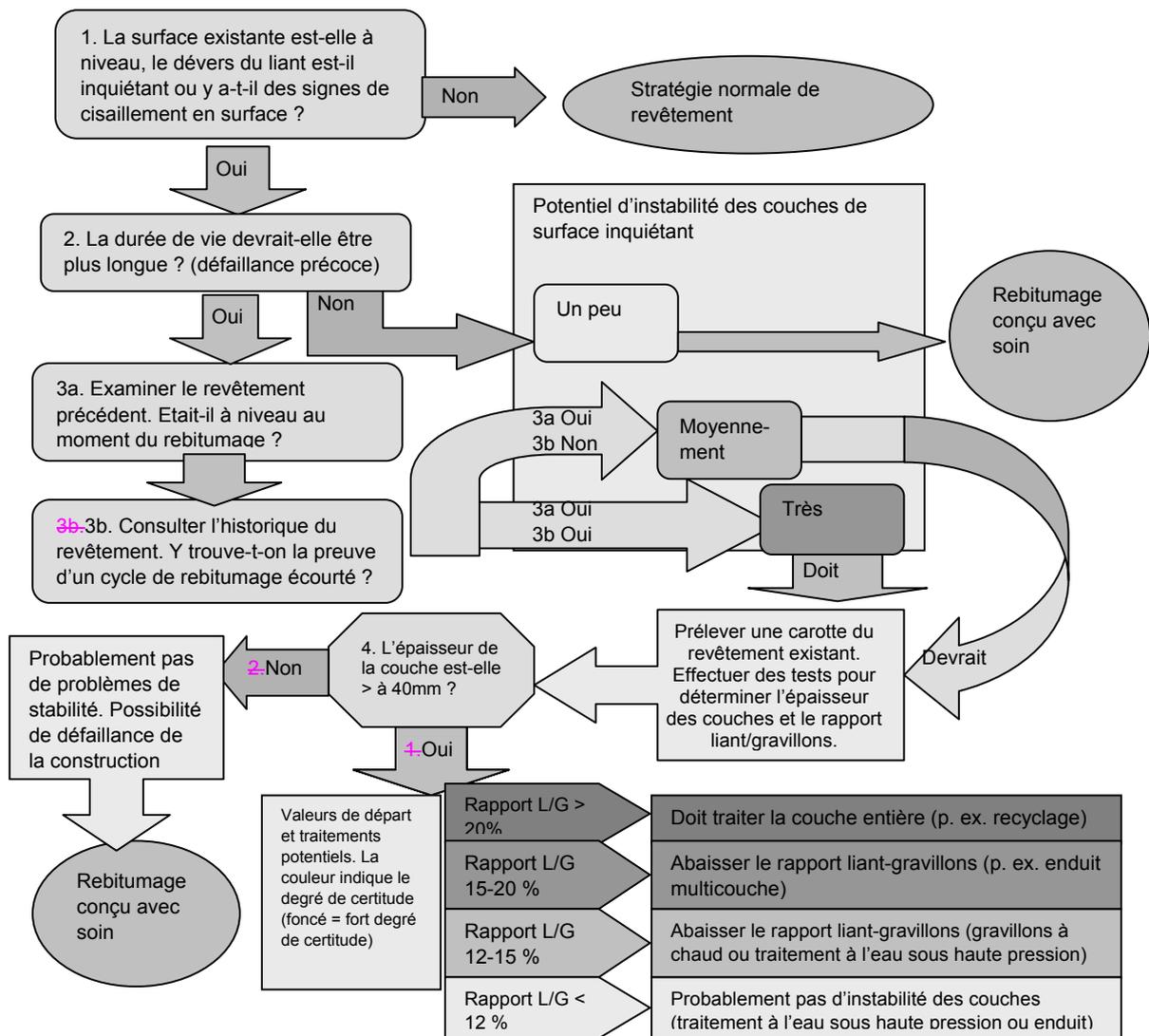


Figure 4 – Processus de décisions pour l'analyse de sélection du traitement

8. Enquête approfondie et conception et dimensionnement des sites de recyclage

Une fois que les sites pouvant être recyclés ont été identifiés, une enquête approfondie et des travaux de conception et dimensionnement sont requis pour vérifier l'adéquation du traitement proposé.

Le Diagramme 1 ci-dessous met en évidence le processus d'étude et de conception/dimensionnement adopté sur chacun des sites de recyclage.

Diagramme 1 - Processus d'étude et de conception/dimensionnement pour le recyclage de la chaussée

Etapes	Description du processus d'étude et de conception/dimensionnement	Eléments clés
Etape 1	Vérifier l'état de la chaussée existante et quantifier le ressuage et les défauts de la chaussée en surface. Rechercher les signes de défauts dans les couches plus profondes, ceux-ci indiquant la nécessité d'une rénovation des couches plus profondes également.	Rechercher la longueur et l'emplacement du site, les données sur le trafic et la structure probable de la chaussée dans les inventaires pour faciliter l'analyse préliminaire au DB (déflectomètre à boulet).
↓		
Etape 2	Effectuer un essai au DB de chaque voie de circulation et réaliser une analyse élastique préliminaire de la structure de chaussée présumée.	Utiliser les déflexions enregistrées pour la chaussée à partir des données du DB, de celles sur le trafic connu et de la structure de chaussée présumée/connue ?
↓		
Etape 3	Etudier les recommandations préliminaires de traitement du site à partir de l'analyse au DB. Localiser des zones à portances diverses, notamment les zones à faible portance. Prévoir le creusement d'excavations d'essai à certains endroits.	Rechercher les signes d'une portance faible, y compris les modules variables ou faibles des couches, les déflexions élevées (> 1,5 mm), l'épaisseur des revêtements et un faible indice structurel (de l'anglais Structural Number, SN).
↓		
Etape 4	Réaliser l'étude des excavations d'essai et identifier les matériaux de la chaussée. Prélever des échantillons pour les tests en laboratoire, p. ex. teneur en bitume, réactivité du ciment.	Déterminer l'épaisseur et la structure du revêtement et de la chaussée, les types de matériau, ainsi que les matériaux et la portance du sol de fondation.
↓		
Etape 5	Effectuer une nouvelle analyse structurale de la chaussée sur la base des mesures du DB. Préparer le rapport final de recommandation concernant la rénovation sur la base des mesures du DB.	Informations sur les excavations d'essai précisant les types de structure et de matériau, et données du DB des inspections précédentes.
↓		
Etape 6	Revoir les recommandations de rénovation basées sur les mesures du DB (en particulier celles concernant l'épaisseur du revêtement) et déterminer : si le site convient toujours au recyclage. si oui, le traitement requis.	Rechercher les signes d'une portance faible, y compris les modules variables ou faibles des couches, les déflexions élevées (> 1,5 mm), l'épaisseur des revêtements et un faible indice structurel (de l'anglais Structural Number, SN).
↓		
Etape 7	Récapituler les traitements recommandés pour la chaussée du site sélectionné et discuter des recommandations et des risques avec le client. Préparer le calendrier de traitement pour les documents de soumission.	L'analyse économique des options est requise à ce stade.

9. Quelles sont les hypothèses prises en compte pour la conception/le dimensionnement ?

Le recyclage est sensé être un processus « d'entretien » visant à prolonger la durée de vie d'une chaussée existante. Un certain nombre d'hypothèses et de risques sont pris en compte lors du processus de conception/dimensionnement afin d'assurer que les travaux entrepris servent ce but, à savoir :

- (a) La durée de vie de la chaussée recyclée doit être comprise entre 10 et 15 ans, sur la base des charges de trafic existantes et prévues et de l'analyse de la chaussée existante à l'aide d'un déflectomètre à boulet (DB). Si cette analyse indique que la chaussée existante est fondamentalement « saine », alors le recyclage des couches de surfaces va permettre de prolonger la durée de vie de la chaussée.
- (b) L'objectif du recyclage est de produire une couche de surface modifiée ou légèrement enrobée. Le Austroads Stabilisation Guide (Guide de stabilisation - Austroads, 1998) définit un matériau modifié comme un matériau ayant une résistance à la compression unidimensionnelle < 1 MPa et un matériau légèrement enrobé comme un matériau ayant une résistance à la compression unidimensionnelle comprise entre 1 MPa et 4 MPa. Un métal d'appoint peut être appliqué si nécessaire.
- (c) La couche modifiée de la chaussée issue du recyclage se comporte comme une chaussée de qualité avec des graves non traitées aux liants ou avec un matériau légèrement enrobé. Le Austroads Pavement Design Guide (Guide de conception/dimensionnement des chaussées - Austroads, 1992) suggère ensuite que la chaussée recyclée pourrait être représentée par des modules de couches pouvant atteindre jusqu'à 2000 MPa.
- (d) L'épaisseur de la chaussée existante doit être supérieure à celle de la couche recyclée. Ainsi, on empêche l'intégration du sol de fondation à la chaussée recyclée.
- (e) Les travaux de recyclage sont précédés par l'entretien du drainage et des autres caractéristiques de surface.
- (f) Le ciment est utilisé comme stabilisant lors du processus de recyclage.

10. Processus de construction pour le recyclage

Le recyclage implique les activités de construction suivantes :

- (a) Fraisage des couches de surfaces existantes jusqu'à une profondeur comprise entre 200 et 250 mm. Le fraisage doit permettre d'obtenir des pierres ne dépassant pas 50 mm.
- (b) Contrôle approprié de l'eau pour le compactage.
- (c) Réglage limité grâce au nivellement, suivi d'un compactage immédiat.
- (d) Resurfçage avec un enduit superficiel dans les 24 à 48 heures.

La Figure 5 ci-dessous représente un processus de recyclage typique.



Figure 5 – Recyclage (Application du ciment, fraisage et compactage principal)

11. Suivi pendant et après la construction

Le suivi du processus de recyclage lors de la construction comprend le prélèvement d'échantillons de matériau raboté (y compris le ciment) et la préparation de ces derniers pour les essais de résistance à la compression unidimensionnelle et les essais triaxiaux de charge répétée.

Les résultats des essais de résistance à la compression unidimensionnelle ont été collectés pour nous donner une indication de la cohérence du recyclage/fraisage. L'un des objectifs principaux du recyclage est de produire une couche de surface légèrement enrobée uniquement. Le Austroads Stabilisation Guide définit un matériau légèrement enrobé comme un matériau présentant une résistance à la compression unidimensionnelle comprise entre 1 MPa et 4 MPa (à une semaine). Si la chaussée recyclée venait à se fissurer, l'utilisation d'un matériau légèrement enrobé devrait favoriser le développement d'une micro-fissuration contrôlée plutôt que d'une craquelure résultant des efforts de traction. Les essais de résistance à la compression unidimensionnelle peuvent être effectués à nouveau facilement et de manière cohérente sur chaque site.

L'essai triaxial de charge répétée est utilisé pour tester notre hypothèse de conception/dimensionnement selon laquelle le matériau recyclé se comporte comme une couche légèrement enrobée avec un module de dimensionnement compris entre 1500 et 2000 MPa.

Le suivi de nos sites comprenait également une revue annuelle des données haute vitesse provenant des enquêtes annuelles et, dans certains cas particuliers, l'étude annuelle des sites sélectionnés, après la construction, à l'aide du déflectomètre à boulet. Cette dernière, comme les programmes d'essais triaxiaux de charge répétée, a été utilisée pour contrôler la performance des sites recyclés et pour déterminer dans quelle mesure ces sites se comportent comme prévu dans les hypothèses de conception/dimensionnement.

12. Données des essais de résistance à la compression unidimensionnelle

La Figure 6 présente les données des essais de résistance à la compression unidimensionnelle de différents contrats de recyclage dans la région de Gisborne et d'Hawke's Bay entre 1999 et 2003.

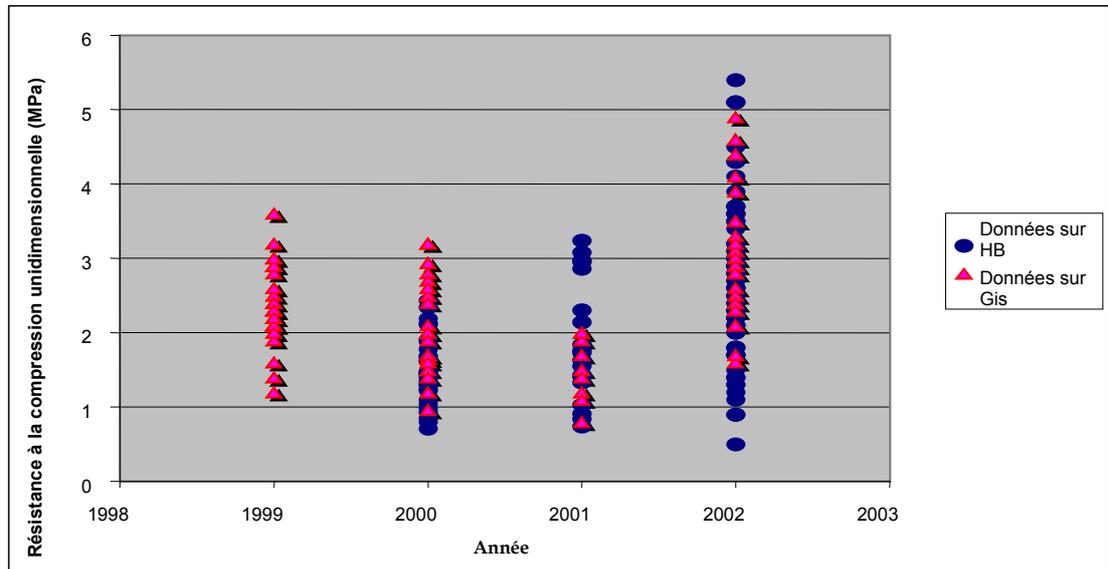


Figure 6 - Comparaison des données des essais de résistance à la compression unidimensionnelle de contrats de recyclage à Gisborne et dans la région d'Hawke's Bay entre 1999 et 2003

Pour les couches recyclées de la chaussée, notre hypothèse de conception/dimensionnement était d'obtenir un matériau modifié ou légèrement enrobé en ajoutant du ciment. Au cours des trois premières années (1999 à 2001), la plupart des résultats des essais de résistance à la compression unidimensionnelle se situe entre 1 MPa et 3 MPa. Ce matériau serait qualifié de légèrement enrobé par Austroads. En 2001, les résultats des essais de résistance à la compression unidimensionnelle réalisés dans la région de Gisborne étaient tous compris entre 1 MPa et 2 MPa. Cette année-là, des défaillances précoces ont été observées sur les sites de Gisborne. Le plus souvent, ces défaillances correspondent à un orniérage.

Les résultats des essais entrepris en 2002 et 2003 sont plus variés, avec la résistance à la compression unidimensionnelle maximale dépassant 5 MPa. La teneur en ciment est demeurée identique sur les quatre ans, soit 3 %. Nous notons cependant que l'efficacité du fraisage a été améliorée grâce à l'introduction d'une fraiseuse plus grande pour les sites d'Hawkes Bay, notamment au cours de ces dernières années.

13. Essai triaxial de charge répétée

La Figure 7 représente un échantillon des données des essais triaxiaux de charge répétée effectués sur des échantillons particuliers entre 2000 et 2002. Les échantillons ont été prélevés sur les sites de projet après le fraisage des matériaux et avant l'ajout du ciment. En laboratoire, le ciment a été ajouté et les échantillons ont été compactés à une densité et une teneur en eau représentatives du compactage réalisé sur le terrain dans chaque cas.

Les essais triaxiaux de charge répétée ont été effectués dans les conditions suivantes :

- Epaisseur de l'échantillon – 295 mm, diamètre de l'échantillon – 150 mm
- Contrainte déviatrice – 425 kPa, Effort limite – 125 kPa
- Cycles – 100000, conditions d'essai : échantillon saturé par application de contre-pression, puis tassé et drainé

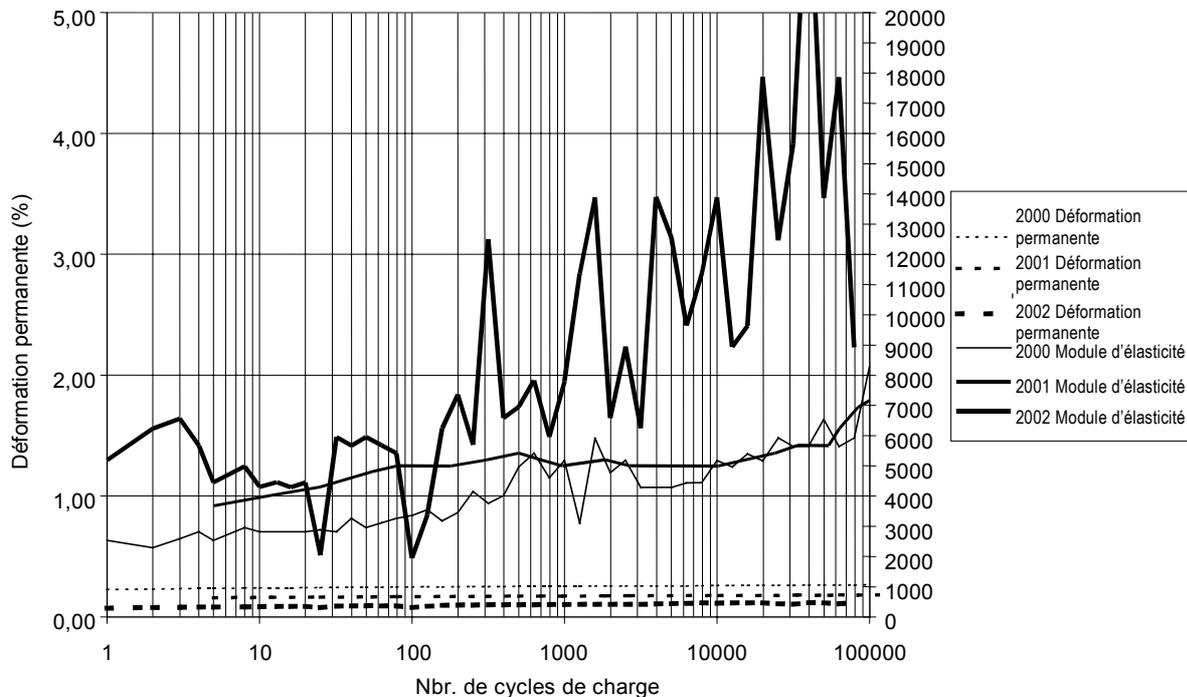


Figure 7 – Exemples de données d'essais triaxiaux de charge répétée

14. Comparaison de la performance des sites de contrôle avec le Austroads Design Guide

Nous sommes toujours partis du principe que la performance d'une couche de chaussée recyclée est différente de celle d'une grave-ciment conventionnelle, parce que la couche recyclée comprend un liant au ciment et au bitume, bien qu'il s'agisse de matériaux bitumeux assez variables. Pour déterminer où se situent ces chaussées recyclées par rapport à la grave-ciment décrite par Austroads, nous avons passé en revue la performance de deux sites, Kareeara et Awaho, construits en 1997.

Ce passage en revue comprenait notamment les étapes suivantes :

- En nous basant sur les plates-formes, conformes à l'exécution, des deux chaussées, nous avons réalisé une analyse rétrospective, à l'aide du programme informatique CIRCLYW, des déformations auxquelles on pouvait s'attendre au niveau des différentes couches de la chaussée.
- Nous avons ensuite comparé ces déformations avec celles prédites par Austroads pour le trafic de base de chaque site.

Austrroads (Austrroads, 1992) et d'autres auteurs (Greg White et Carthigesu Gnanendran, 2002) ont rapporté que le comportement des graves-ciment à la fatigue peut être décrit par le rapport représenté par l'Equation 1 ci-dessous.

$$N = \left(\frac{K}{\varepsilon} \right)^a$$

Equation 1 – Rapport de fatigue selon Austrroads pour les graves-ciment

Dans ce rapport, N correspond au nombre de déformations (e) par rapport à la défaillance, et K et a sont des constantes de superficie.

La Figure 8 représente les rapports de fatigue d'Austrroads (Transit NZ, 1997) pour les graves-ciment avec des modules de couches de 2000 MPa et 5000 MPa dérivés à l'aide de l'Equation 1. Les résultats de l'analyse rétrospective des chaussées existantes des sites Awaho et Kareeara sont représentés à la Figure 7. L'analyse rétrospective a autorisé des modules de couches de 2000 MPa ou 5000 MPa pour les couches de graves-ciment recyclées existantes, résultats cohérents avec les données des essais au DB et des essais triaxiaux de charge répétée.

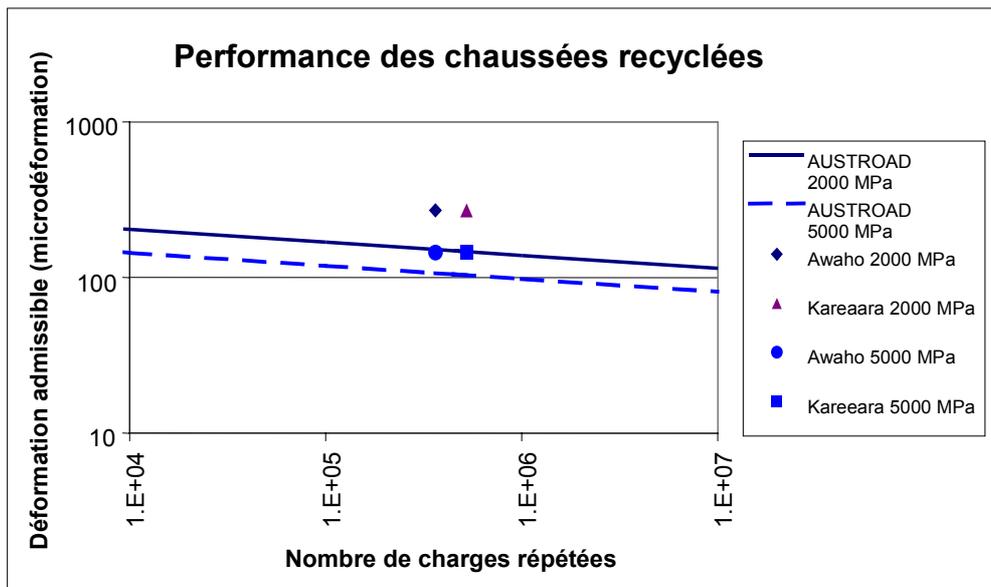


Figure 8 - Comparaison entre la performance réelle et les prévisions de performance selon les rapports de fatigue d'Austrroads applicables aux couches de chaussée traitées aux liants - Sites de Kareeara et du ponceau d'Awaho

Les sites de Kareeara et d'Awaho résistent à des niveaux de sollicitation à la base de la couche recyclée plus élevés que ceux prévus par Austrroads (Austrroads, 1992) ou les courbes de fatigue. En d'autres termes, si les chaussées conformes à l'exécution avaient été conçues à l'aide des critères d'Austrroads, elles présenteraient déjà des défaillances dues aux efforts de traction.

Notre examen continu des données des enquêtes haute vitesse n'a identifié aucune augmentation significative de la fissuration sur ces sites. Par conséquent, nous en avons

conclu que jusqu'à aujourd'hui, les couches de chaussée recyclées des deux sites se comportent comme des couches traitées au ciment (W Gray 1998).

15. Conclusions tirées du suivi de la construction

Le suivi post-construction que nous avons opéré sur les sites de contrôle d'Awaho et de Kareeara, et notre examen des données d'essai provenant des programmes d'essais de résistance à la compression unidimensionnelle et d'essais triaxiaux de charge répétée nous ont permis de tirer plusieurs conclusions.

Lorsque le recyclage implique le fraisage des couches de revêtement existantes (d'une épaisseur > à 40 mm et avec une teneur en bitume > à 20 %), des couches de fondation existantes proches de la surface et, le cas échéant, du métal d'appoint d'origine, avec du ciment (3 % en masse), la couche de chaussée ainsi obtenue (en supposant que la construction est réalisée de manière efficace) se comporte comme une couche légèrement traitée au ciment présentant des modules de couches de 2000 MPa en moyenne. Ce type de matériau légèrement traité au ciment peut résister à des efforts de traction plus élevés que ne le suggèrent les rapports de fatigue publiés par Austroads (Transit, 1997).

A un certain stade du cycle de vie de la chaussée recyclée, le comportement du matériau passera de celui d'un matériau légèrement traité au ciment à celui d'un matériau non traité aux liants. A condition qu'elle soit gérée par le biais d'un entretien proactif du revêtement de surface (pour maintenir l'étanchéité à l'eau), cette transition ne devrait pas signifier la fin de la chaussée recyclée. Bien que nous ne sachions pas encore combien de temps cette nouvelle structure de chaussée va durer, nous pouvons affirmer que la durée de vie de la couche recyclée va dépendre de la qualité des matériaux employés dans les couches sous-jacentes, du type de sol de fondation et de la charge de trafic.

Au cours de ces deux dernières années, les données des essais de résistance à la compression unidimensionnelle et des essais triaxiaux de charge répétée ont mis en évidence une rigidité accrue des couches recyclées. Ce phénomène coïncide avec la diminution de l'épaisseur rapportée des couches de revêtement existantes. Cela signifie qu'une plus grande quantité de matériaux de fondation est incluse dans la couche recyclée. Afin d'atténuer le risque de fissuration prématurée pour les travaux de recyclage réalisés plus récemment, Transit a augmenté l'épaisseur compactée des couches recyclées de 200 mm à 250 mm.

16. Perspectives du recyclage

Le recyclage des couches de surface instables constitue une option de traitement d'entretien rentable pour Transit dans les régions comparables à Hawke's Bay et Gisborne. Transit va continuer à contrôler la performance des chaussées recyclées existantes et futures afin d'assurer que les indications fournies dans ce document pour ce qui est de l'identification, du dimensionnement et de la construction des chaussées recyclées permettent au praticien d'évaluer et de mettre en œuvre des stratégies futures de recyclage de la chaussée.

17. Remerciements

Nous tenons à remercier vivement le Directeur régional (Hawke's Bay et Gisborne) de Transit New Zealand pour l'aide qu'il nous a apportée dans la rédaction de ce document.

Ce document est un résumé d'un rapport plus important sur ce sujet. Toute personne intéressée par ledit rapport est invitée à contacter les auteurs.

18. Clause de non-responsabilité

Le contenu de ce document a été généralisé par nécessité. Les lecteurs sont invités à obtenir un avis indépendant quant à leur propre situation et doivent se fier uniquement à leur propre jugement et à un tel avis. Le document est mis à disposition uniquement à condition que ni le(s) auteur(s), ni Transit New Zealand, ni Opus International Consultants ne puissent être tenus pour responsables de quelque manière que ce soit pour tout dommage ou perte résultant, en partie ou en totalité, d'une quelconque omission ou de la confiance placée dans le contenu du présent document.

19. Références

Austroroads Pavement Design, A Guide to the Structural Design of Road Pavements, New Zealand Supplement, Transit New Zealand, Juillet 1997

Guide to Stabilisation in Road Works, Austroroads, 1998

Pavement Design, A Guide to the Structural Design of Road Pavements, Austroroads, 1992

Pavement Area Treatment Using Cement : Options and Experiences in Hawke's Bay and Gisborne, 1995 to 1998. W Gray. Présenté lors de la 3e édition du symposium sur la stabilisation, Rotorua, Nouvelle-Zélande 1998

Recyclage des chaussées souples existantes, Association mondiale de la route, 2001

The Characterisation of Cementitious In-situ Stabilised Pavement Materials; The past, the present and the future, Greg White and Carthigesu (Rajah) Gnanendran, Vol 11 No 4, Road and Transport Research, Décembre 2002