



NOTE D'INFORMATION

NOVEMBRE 1999

REVETEMENTS DE PIEDROITS EN TUNNEL ROUTIER

INTRODUCTION

Il est important pour le confort des usagers que l'ambiance intérieure d'un tunnel soit agréable. Dans ce but des revêtements de couleur claire sont mis en place sur les parois qui ne peuvent conserver un bon aspect que par des nettoyages réguliers.

L'objet de cette note est de rendre compte de l'importance de l'encrassement des parois de tunnels, des contraintes de leur nettoyage et des précautions à prendre pour choisir un type de revêtement qui s'encrasse le moins rapidement possible.

*Photo 1
Tunnel du Puymorens
Brossage des parois*



1 - DES PIEDROITS CLAIRS AMELIORENT LA VISIBILITE

Le rôle de l'habillage des parois de tunnel varie avec la nature de l'ouvrage. Dans tous les tunnels il a un rôle de confort et de luminosité et, dans les ouvrages non revêtus ou revêtus et non étanchés, il peut aussi contribuer à assurer l'étanchéité du tunnel.

Le recours à des revêtements de piédroits clairs améliore la visibilité d'obstacles en bordure de chaussée. Il augmente aussi légèrement le niveau d'éclairement sur la chaussée mais cet apport n'est pas pris en compte pour le dimensionnement de

l'installation de l'éclairage, car il est marginal. Une exécution très soignée des revêtements de piédroits contribue également au confort et à un meilleur guidage. Le plus souvent le revêtement présente à l'utilisateur un aspect uniforme. Toutefois des motifs peuvent être réalisés pour :

- souligner une singularité de l'ouvrage (courbe très prononcée, rampe, pente, etc.)
- mettre en valeur des dispositifs de sécurité accessibles aux usagers (niches, abris, etc.)
- rompre la monotonie de l'ambiance.

2 - LES SURFACES RUGUEUSES ACCELERENT L'ENCRASSEMENT

2.1 - Salissure des parois

Origine de la salissure

Les poussières qui encrassent les parois sont le résultat : des gaz d'échappement des véhicules, de l'usure des véhicules (pièces métalliques, freins, pneumatiques) et de la chaussée, des huiles et graisses provenant des pièces mécaniques des véhicules.

Ces dépôts sont accélérés par les phénomènes de condensation.

Sur ces poussières se trouvent adsorbés des hydrocarbures et autres espèces minérales de type sulfate, nitrate et cet ensemble constitue une couche grasse et acide qu'il est difficile d'enlever et qui dégrade le revêtement.

Estimations quantitatives

Une estimation quantitative faite par le CETU, à partir de mesures effectuées au cours des lavages de cinq tunnels en exploitation, a donné une plage de :

100 à près de 800 kg/km de tunnel/an de poussières déposées sur les parois et entraînées par les nettoyages.

La valeur inférieure est le résultat obtenu pour une grande traversée alpine bidirectionnelle de trafic moyen journalier annuel de 2 300 véhicules pour l'année de l'étude.

La valeur supérieure correspond à un tunnel unidirectionnel, en site urbain, de trafic moyen journalier annuel de 42 500 véhicules.

Acidité de la salissure

La mesure du pH de plusieurs échantillons de poussières déposées sur les équipements de quatre ouvrages en service a donné des valeurs s'échelonnant de 3 à 6.

Influences des caractéristiques du tunnel

L'état de salissure varie avec les caractéristiques du tunnel : longueur, importance des déclivités, trafic moyen journalier et sa composition (pourcentage de véhicules diesel), système de ventilation, etc.

Dans les tunnels situés en altitude, tels que les traversées alpines, la salissure est accentuée pendant les périodes hivernales car les véhicules, surtout les poids lourds, entraînent plus de boues et tous les

processus d'usure et de corrosion des véhicules sont accélérés par la présence de sels de déverglaçage et d'humidité.

2.2 - Salissure et type de surface

Etant donné l'importance de l'accrochage des poussières fines sur les parois de tunnels il est essentiel de prendre en compte tous les paramètres qui interviennent dans les phénomènes d'encrassement des parois.

Rugosité du support

Les forces d'adhérence des particules sur leur support sont proportionnelles à la surface de contact particule-support.

Il faut distinguer les surfaces très lisses, les surfaces légèrement rugueuses et les surfaces rugueuses dont les aspérités sont de l'ordre de grandeur des particules. Dans ce dernier cas l'adhérence devient importante.

Les surfaces très rugueuses sont pratiquement à proscrire et toutes celles qui comportent "des nids à poussières" inutiles.

Certaines surfaces très lisses telles que celles des revêtements émaillés, laqués ou peints peuvent perdre leur éclat en se recouvrant progressivement de fines particules de suie qui ne peuvent être nettoyées. Cette remarque concerne beaucoup moins les surfaces émaillées ou vitrifiées.

Absorption d'eau

Il ne faut pas mettre des parements poreux tels que la brique et certains ciments car leur capacité à retenir l'eau en surface est susceptible d'entretenir une humidité presque permanente ce qui favorise l'accrochage des particules.

Les revêtements tels que le grès cérame et l'amiant ciment (type Glasal, et actuellement amiant cellulose) ont une porosité négligeable et un comportement satisfaisant vis à vis de la salissure.

Dureté superficielle

Il est intéressant de comparer la dureté superficielle de plusieurs revêtements car l'augmentation de la dureté du support diminue les forces d'adhésion de la particule et ceci est un critère de choix pour une installation et ses prévisions d'entretien.

3 - NETTOYAGE DES PIEDROITS DE TUNNEL

Le nettoyage des tunnels fait généralement l'objet d'un marché auprès d'une entreprise qui fournit un matériel et des véhicules spécialement conçus pour ce genre de travaux et adaptables, avec équipements supplémentaires, au nettoyage des trémies routières, des murs de soutènements, des murs anti-bruit, des façades, etc.

3.1 - Fréquence des nettoyages

C'est à l'exploitant de tunnel de trouver une fréquence de nettoyage qui permette de ne pas laisser les surfaces s'encrasser pour que le revêtement retrouve un aspect satisfaisant et le plus proche de celui de l'état initial. Néanmoins la fréquence de nettoyage est très souvent fixée en fonction de ses possibilités budgétaires.

3.2 - Consistance des travaux

Le lavage des piédroits est généralement effectué au cours d'une opération globale de nettoyage qui comprend le nettoyage et le balayage de la chaussée, des trottoirs et éventuellement des garages et galeries de retournement.

Il faut citer aussi le nettoyage des équipements (panneaux de signalisation, feux d'affectation de voies, des luminaires, etc.)

Sécurité de la circulation

Le personnel et toutes les fournitures relatives à la pose et dépose de la signalisation et à la protection des usagers au cours de cette intervention est assuré par le service d'exploitation du tunnel.

Les périodes de nettoyage sont choisies en fonction des possibilités de fermeture du tunnel ou des voies et ont lieu souvent la nuit, ce qui augmente les coûts.

Travaux réalisés par l'entreprise

L'entreprise fournit la main d'œuvre spécialisée, le matériel, les produits et les véhicules spécialement conçus pour ces nettoyages.

L'entreprise s'approvisionne en eau de lavage aux poteaux d'incendie ou toute autre alimentation du tunnel.

3.3 - Deux méthodes de nettoyage

Le nettoyage est effectué à l'aide de la pulvérisation d'une solution de produit détersif, associée ou non à un brossage, suivie d'un rinçage à l'aide d'une pulvérisation d'eau sous pression.

3.3.1 - Lavage par brossage des piédroits

Nous avons observé cette méthode de nettoyage dans les tunnels : du Mont-Blanc, du Fréjus, de l'Epine, de l'Autoroute A40 (Chamoise, Châtillon, Saint-Germain) et du Puymorens.

Ce lavage se déroule à l'aide de deux véhicules.

Pulvérisation du détergent

Le produit détergent est pulvérisé à l'aide d'une rampe orientée hydrauliquement de l'intérieur du premier véhicule et réglable suivant la hauteur du piédroit.

La pression du jet est de 5 à 6 bars sur la paroi et le laps de temps nécessaire, pour une bonne efficacité du produit, est estimé par l'opérateur avant d'effectuer le rinçage.

Au niveau d'un by-pass, d'un garage ou d'une niche de sécurité, le chauffeur est dans l'obligation de s'arrêter et d'actionner la rampe manuellement.

Brossage et rinçage de la paroi

Après le passage du premier véhicule la "laveuse spéciale" de tunnels brosse et rince les parois. Elle a deux brosses avec palpeurs pneumatiques pour éviter l'usure prématurée de certains revêtements et elle permet un lavage de 4,50 m de hauteur et plus.

A l'arrière de chaque brosse se trouve une rampe de rinçage réglable en pression depuis la cabine du véhicule (de 0 à 130 bars) et la pression du jet sur la paroi est de 40 à 50 bars.

Derrière la laveuse se trouve aussi une "balayeuse aspiratrice" qui brosse les trottoirs et aspire les boues entraînées par le nettoyage.

Un autre véhicule identique passe parfois devant la "laveuse".

3.3.2 - Lavage par pulvérisation de détergent et rinçage

Le nettoyage des souterrains de la ville de Paris utilise un engin polyvalent qui assure à la fois les opérations de pulvérisation et de rinçage et il n'y a pas de brossage.

La solution de détergent est pulvérisée à une pression identique à celle de la méthode précédente et par l'intermédiaire d'une première rampe. Le rinçage est effectué à l'aide d'une autre série de rampes, à une pression de 30 à 40 bars, au cours d'un deuxième passage du véhicule et après une attente de dix minutes pour que le détergent émulsionne la salissure.

3.3.3 - Importance du détergent

L'action chimique du détergent est indispensable sur la couche de poussières car il ne serait pas possible de nettoyer, même avec une très forte pression d'eau, sans action chimique et ceci est encore plus évident lorsqu'il n'y a pas de brossage. Un produit démoussant est utilisé afin de neutraliser la mousse et les effets du produit dégraissant avant l'arrivée des eaux polluées dans les bassins.

Ces produits doivent :

- être biodégradables et sans conséquence pour l'environnement
- ne pas présenter de danger pour le personnel
- ne pas attaquer les matériaux.

3.4 - Choix de la méthode et coût du nettoyage

3.4.1 - Choix de la méthode

La méthode de nettoyage par l'intermédiaire d'un brossage est plus efficace mais elle est plus chère (elle nécessite au moins un véhicule supplémentaire et plus de temps) et le choix du procédé de lavage est généralement fonction du coût proposé dans le contrat qu'il est possible de négocier avec l'entreprise.

Pour préconiser une méthode, ou des conditions de nettoyage adaptées au revêtement, des essais peuvent être faits, en laboratoire, sur des éprouvettes pour tester le matériau (essais de lavabilité ou d'abrasion due au brossage).

Un fournisseur peut ainsi garantir une durée du maintien de l'état de la surface du revêtement pour un cycle de nettoyage donné.

3.4.2 - Coût

Les coûts proposés sont fonction de l'importance des surfaces à traiter.

Quand le nettoyage est pratiquement "un décrassage" après une forte salissure telle que celle d'une période hivernale, le travail exige plus de minutie et est plus long. Les coûts sont augmentés.

Le tableau du paragraphe suivant donne les coûts de nettoyages de plusieurs ouvrages en exploitation d'après les données transmises par les exploitants.

Le coût du nettoyage par l'intermédiaire du brossage et du jet sous pression peut varier dans une plage de :

2 F à près de 3,50 F / m² H.T.

La limite supérieure se rapproche de celui d'un décrassage.

Pour un lavage avec jet sous pression et sans brossage le coût varie :

de 1 à 2 F / m² H.T.

Les coûts voisins de 1 F / m² correspondent à des contrats très avantageux qui ont pu être négociés.



*Photo 2
Tunnel de l'Epine nord
Plaques de Glasal mises sur les parois
de béton projeté à l'entrée du tunnel*

3.4.3 - Exemples de plusieurs tunnels

TUNNELS EN EXPLOITATION NETTOYAGE DES PAROIS - FREQUENCE ET COUT (F/M2)					
Tunnels	Revêtement	Surface (m2) (1)	Fréquence nettoyage nb/an	Coût F / m2 H.T.	Méthode
Croix-Rousse	grès cérame	16 200	8	< 1	brossage + rinçage
Souterrains Paris	faïence, brique, pierre lisse, peinture, autres	191 000	12	1,30	rinçage
Mont-Blanc	Glasal	70 000	12	< 2	brossage + rinçage
A43 (2) Epine nord	Glasal	245	4	2,4	brossage + rinçage
Epine sud	Bardage peinture	1 350 32 200	4	1,9	
Dullin	peinture (têtes)	600	4	2,4	
Les Monts (3)	Béton	14 000	(5 ans d'attente)	3,3	brossage + rinçage
A40 Chamoise	peinture	52 800	4	2,8	brossage + rinçage
St Germain	peinture	23 200	3	2,8	
Châtillon	peinture	10 000	3	2,8	
Vallvidrera et Accès Barcelone	peinture, Glasal et béton	43 500	4	1,3	rinçage
A14 Grande Arche des Carrières	peinture	45 000	1 (souhaitée : 4)	2,2 2,4	rinçage ou rinçage + brossage
Puymorens	peinture	41 500	1	2,9	brossage + rinçage
Prado-Carénage (4)	peinture	25 000	12	0,5	brossage + rinçage avec véhicule du tunnel

- (1) Une hauteur moyenne de 4 m est prise pour la surface de la paroi peinte. Les parements décalés ont généralement des plaques de 3 m de hauteur.
- (2) Tunnels de Dullin et l'Epine nord : 600 m2 de peinture , 245 m 2 de Glasal et 1 350 m2 de bardage sont nettoyés.
- (3) Le tunnel des Monts a attendu 5 ans un déblocage budgétaire pour effectuer le lavage
- (4) Le tunnel Prado-Carénage a acquis son véhicule.



*Photo 3
Tunnel du Chat
tôle parapluie en voûte
tôle d'acier galvanisé prélaquée mise sur les parois*

BIBLIOGRAPHIE :

M. Pérard (1999)

"Le traitement architectural de l'intérieur des tunnels routiers en France"
Travaux n° 754, juin 1999, pp. 46 - 51.

R.Bondil et M. Bigazzi (1990)

"Contournement autoroutier de Nice - Traitements des tunnels en site urbain"
Tunnels et Ouvrages souterrains n° 100, juillet / août 1990, pp. 230 - 207.

M.C. Gabet (1991)

"Pollution des eaux de lavage des tunnels routiers"
Revue Générale des routes n° 687, juillet / août 1991, pp. 57 - 64.

C. Carrie, D. Morel et J. Fourquin (1975)

"Salissures des façades"
Paris, Eyrolles.

C. Carrie et D. Morel (1977)

"Comportement des parements et des revêtements de façades aux salissures"
C.E.B.T.P., Paris.



Photo 4
Tunnels du contournement de Nice
Guidage optique sur les parois par peinture
et animation colorée

CONCLUSION

Le travail entrepris sera poursuivi aussi bien pour mieux définir le type de revêtement à mettre sur les parois de tunnel que les méthodes d'entretien les mieux adaptées à cet équipement.

Il est important que les services d'exploitation puissent trouver les possibilités de nettoyer régulièrement les piédroits ce qui ne peut être fait qu'en négociant, avec les entreprises, des contrats offrant des coûts raisonnables.

Personne à contacter :
 Marie-Claude GABET
 Unité Pollution - CETU
 Téléphone : 04.72.14.33.89

Centre d'Etudes des Tunnels

25 avenue François Mitterrand, Case n°1 - 69674 BRON CEDEX - Téléphone : 04.72.14.34.00 - Télécopie : 04.72.14.34.70

AVERTISSEMENT

Cette série de documents est destinée à fournir une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son auteur ni de l'administration. Les sociétés citées, le cas échéant, dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.