

NOTE D'INFORMATION



N° 47 SEPTEMBRE 2021

Sommaire

- 1 | Introduction
- 2 l Rappels sur l'entretien des chaussées
- 3 I Les niveaux d'endommagement de la chaussée
- 4 | Les techniques d'entretien économiques

Annexes

Entretien des chaussées routières : optimiser le coût global



L'entretien des réseaux routiers est un poste de dépense important pour les maîtres d'ouvrage et gestionnaires de ceux-ci. Il importe de pouvoir optimiser la dépense d'entretien à court, moyen et long terme en fonction des moyens budgétaires disponibles.

Après un bref rappel sur les enjeux de l'entretien des chaussées, cette note présente les techniques adaptées aux différents cas de figures et stratégies, en vue de l'optimisation des coûts. De nombreux ouvrages rappelés dans la bibliographie traitent de ce sujet mais ils sont souvent anciens et il est apparu important de faire un point d'actualité en cette période où le réseau routier français se dégrade du fait de budgets de plus en plus contraints. En outre ce document met l'accent sur des techniques émergentes, soit nouvelles soit en développement, notamment à l'émulsion, peu ou pas abordées dans les documents antérieurs. Les voies à faible et moyens trafics (≤ T1) constituent de loin le linéaire le plus important du réseau routier français en général et des collectivités en particulier. Cette note cible donc particulièrement cette typologie de chaussées.

Cette note s'adresse aux gestionnaires des réseaux routiers départementaux, communaux et privés. Elle s'appuie sur l'expérience de gestionnaires et de leurs politiques d'entretien de réseaux. Elle contribue ainsi à la diffusion transversale de bonnes pratiques.

Avertissements

Les éléments présentés dans la note en termes de préconisations d'utilisation des différentes techniques, de leur durée d'usage et de leur coût correspondent à des fourchettes ou des valeurs moyennes constatées TTC. Le contexte propre à chaque chaussée est à prendre en considération et peut conduire à des différences par rapport aux valeurs annoncées. Ces coûts n'intègrent pas les frais fixes d'exploitation et de fraisage...

Cette note s'applique pour les chaussées à structure souple, bitumineuse épaisse et semi-rigide qui représentent la grande majorité du linéaire des routes françaises. Le cas très particulier des chaussées en béton n'a pas été traité.

2

Rappels sur l'entretien des chaussées

Afin d'adapter la stratégie d'entretien de son réseau, le gestionnaire est en général amené à le hiérarchiser en fonction de différents critères et à définir, pour chaque type de voirie identifié, le niveau de performance souhaitable au regard des services que doit rendre l'infrastructure à ceux qui l'utilisent, dont en particulier les niveaux de maintenance et d'exploitation.

État de la chaussée

Connaître l'état de la chaussée est un préalable à toute opération d'entretien. C'est également et surtout un outil de planification pour la gestion du réseau. Il est souhaitable de disposer en permanence de la connaissance de l'état du réseau afin de prioriser et de planifier les opérations d'entretien.

L'état de la chaussée peut être évalué de différents points de vue : l'état de surface relatif au niveau de service offert par l'infrastructure et son état structurel relatif à la durée de vie résiduelle de celle-ci. Le niveau de service permet d'appréhender les notions de confort et de sécurité de l'usager alors que l'état structurel renseigne le gestionnaire sur le niveau d'endommagement du corps de la chaussée.

La diminution de la qualité de l'un ou l'autre de ces deux paramètres en dessous d'un seuil prédéfini peut déclencher une opération d'entretien.

Les états superficiels et structurels d'une chaussée peuvent être mesurés par des moyens d'auscultations divers.

Caractéristiques de niveau de service et moyens d'auscultation

- Adhérence (mesures directes d'un coefficient de frottement) : Adhéra (CFL), SCRIM (CFT), Griptester
- Adhérence (Macrotexture) : PMT, Rugolaser
- Uni : APL, Unibox
- Orniérage : Transverso-profilographe, TUS, MLPL
- Dégradations diverses, nids de poules : Reconnaissance visuelle ou automatique

Caractéristiques d'état structurel

- Déflexions : Déflectomètres divers (Lacroix, FWD, curviamètre, etc.)
- Fissuration : Reconnaissance visuelle ou automatique

Aujourd'hui, certains appareils à grand rendement permettent de mesurer des caractéristiques relatives à l'état de surface et à l'état structurel en un seul passage (LCMS par exemple).

Trafic

La connaissance du trafic est également une donnée d'entrée essentielle pour le choix de la technique d'entretien et sa durabilité. Les classes de trafic poids lourds sont définies dans NF P 98-086 - annexe B.

Le gestionnaire utilise généralement les données de trafic pour établir une classification des voies de son réseau.

Cette note d'information cible principalement des chaussées dont le trafic est compris entre T5 et T1, soit de 1 à 750 poids lourds par jour.

Les différentes typologies d'entretien

En fonction du moment d'intervention pour la réalisation de l'entretien - avant que des défauts significatifs ne surviennent, lorsque des défauts graves sont observés ou lorsque les défauts ont conduit à une détérioration sérieuse du corps de chaussée - celui-ci sera plus ou moins lourd. La classification suivante est proposée.

■ Entretien préventif

L'entretien préventif est par définition le plus économique s'il est pratiqué au bon moment, ni trop tôt, ni trop tard. Il existe de nombreuses techniques d'entretien préventif, qui doivent être choisies en fonctions des enjeux de chaque site afin d'optimiser le coût par an, en prenant en compte le coût au m² et la fréquence d'entretien.

Un entretien préventif réalisé trop tardivement peut s'avérer inefficace et aboutir à la nécessité d'un entretien curatif à court terme. Il s'agit en général d'un entretien programmé. Il permet de maintenir un niveau de service satisfaisant tout en préservant la structure de la chaussée.

■ Entretien curatif (ou palliatif)

L'entretien curatif consiste à réparer la chaussée lorsque les dégradations apparues par défaut d'entretien préventif ou du fait d'une autre cause deviennent inacceptables, soit pour des raisons de sécurité, soit pour des raisons économiques ou sociales. A ce niveau, la durée de vie résiduelle de la chaussée est déjà réduite et les travaux à entreprendre dépassent l'entretien préventif et sont significativement plus coûteux.

Cependant, lorsque les niveaux de services attendus sont modérés, les entretiens curatifs peuvent être satisfaisants pour un coût limité. Attendre l'apparition de certains désordres pour réaliser un entretien peut être parfois un choix pour des chaussées de très faible importance. Dans certains cas, un entretien curatif peut rendre une durée de vie relativement longue à des chaussées à trafic modéré, ceci permettant de différer une réhabilitation lourde. Une bonne évaluation des causes des désordres, du trafic et des objectifs est nécessaire.

Entretien courant

Des désordres de petite ampleur ne reflétant pas l'état global d'une section ou d'un itinéraire peuvent apparaître progressivement ou de manière inopinée. L'entretien courant a pour vocation à traiter ces désordres de façon programmée ou urgente, selon la gravité et le risque pour la sécurité des usagers. Ce type d'entretien est souvent réalisé sur des chaussées en état médiocre à mauvais, il ne permet pas d'améliorer son état global mais d'attendre un entretien curatif général.

Réhabilitation lourde

La réhabilitation lourde sort du domaine de l'entretien et notamment de l'entretien économique. Elle consiste à une remise en état profonde et durable de la voie. Elle est coûteuse et doit correspondre à des enjeux stratégiques forts.

Stratégies d'entretien

La figure 1 représente schématiquement les différents types d'entretien à réaliser en fonction du niveau de dégradation de la chaussée et les différents scénarios possibles. La fréquence d'entretien préventif varie en fonction du type de technique retenue et du trafic supporté par l'itinéraire.

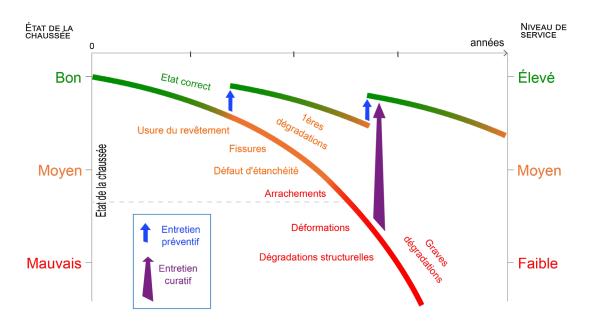


Figure 1 : Schéma d'évolution de l'état et du niveau de service d'une chaussée neuve avec un entretien régulier et sans entretien. (Source : IDRRIM)

Une chaussée neuve ou en bon état subit un endommagement progressif sous l'effet du trafic, des agressions climatiques et d'autres évènements inattendus (accidents, interventions sur les réseaux...). Après quelques années de service, des dégradations mineures apparaissent : apparition de premières fissures, arrachements superficiels... Au terme d'un délai qui dépend de l'état de la chaussée, du trafic et des conditions climatiques, un entretien de type préventif est nécessaire. Il s'agit de rendre ses caractéristiques initiales à la surface de la chaussée (imperméabilisation, adhérence, uni) pour maintenir un niveau de service élevé et éviter l'accélération de l'endommagement qui conduirait à des entretiens ultérieurs plus coûteux. Les entretiens préventifs sont superficiels, rapides et d'un coût modéré.

Au cours de cette première période, les dégradations graves mais ponctuelles doivent faire l'objet d'un entretien de type « courant » (bouchage de nid de poule, pontage de fissures...), si nécessaire à une fréquence annuelle, afin de maintenir le niveau de service et d'éviter l'amplification des défauts.

Le niveau de service attendu pour une voie dépend bien entendu de sa fréquentation et de sa fonction locale. Il est nécessaire d'adapter la fréquence et le type d'entretien à ce qui est attendu

par les usagers, mais en veillant à préserver au maximum les atteintes au corps de la chaussée afin de garantir sa durabilité.

La réalisation à temps de l'entretien préventif et de l'entretien courant permet de garantir une durée de vie allongée de la chaussée avec un bon niveau de service. Pour les voies à faible et moyen trafic, cette stratégie de maintenance permet de prolonger également la durée de vie de la structure de la chaussée.

Au cas où le niveau de service viendrait à décliner plus rapidement, faute d'entretien courant ou préventif, du fait d'une augmentation importante de trafic ou encore du fait de la fatigue accumulée par la structure, des entretiens de type curatif deviennent nécessaires pour rendre à la voie le niveau de service attendu. Ces travaux de renforcement et de remise à niveau sont plus lourds et nettement plus coûteux que les entretiens préventifs.

Dans l'hypothèse où les opérations de réparations ne sont pas menées à ce stade, la dégradation de la chaussée va s'accélérer jusqu'à aboutir à un état nécessitant une restructuration profonde du fait de la ruine structurelle. Ces opérations de reconstruction sont lourdes, coûteuses et génèrent un fort impact négatif sur les usagers, tant dans la période de forte dégradation que lors des travaux de réfection.

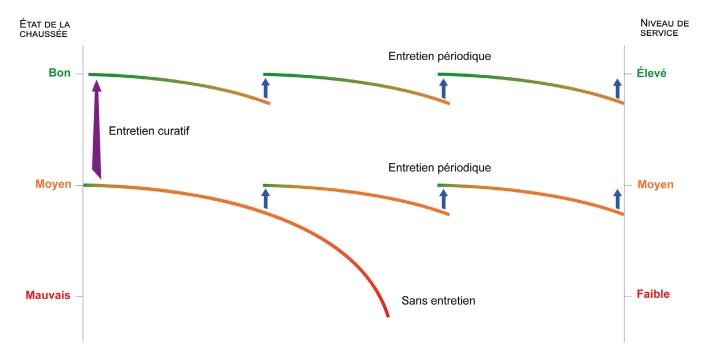


Figure 2 : Il est possible de choisir de maintenir une chaussée à un niveau de service donné en fonction de son usage. Un entretien régulier permet de satisfaire cet objectif. (Source : IDRRIM)

Ce deuxième schéma montre que, dans le cas d'une chaussée présentant un niveau de service moyen, il est possible de réaliser des travaux de type curatif afin de revenir à un bon niveau de service, puis de reprendre ensuite un cycle d'entretien préventif et courant comme précédemment.

Dans d'autres cas, ce niveau de service moyen est jugé suffisant compte tenu de l'usage de la route et une stratégie d'entretien préventif permettra de se maintenir à ce niveau tout en assurant un niveau d'adhérence suffisant et l'imperméabilisation de la chaussée.

3

Les niveaux d'endommagement de la chaussée

Le tableau ci-après présente des indicateurs d'endommagement de la chaussée accessibles par l'auscultation de celle-ci.

Certains indicateurs révèlent l'état de la surface de la chaussée et donc l'adéquation aux qualités d'usage recherchées pour le confort, la sécurité ou l'environnement. D'autres révèlent l'état structurel de la chaussée et sont donc révélateurs de la dégradation du corps de celle-ci.

Chaque état d'un indicateur donné doit être quantifié par des valeurs ou des fourchettes de valeurs définies par chaque maître d'ouvrage selon les conditions locales. Par ailleurs, ce tableau donne des durées indicatives d'évolution d'un état vers un autre. Elles dépendent en réalité des sollicitations locales liées au trafic, aux intempéries et autres. C'est l'auscultation régulière du réseau qui permet de déterminer l'état de chaque section de chaussée à partir des indicateurs mesurés.

Tableau 1 : Indicateurs d'état de la chaussée et type d'entretien correspondant

			INDICAT	EUR D'ÉTAT I	DE SURFACE	IN	DICATEUR D'ÉTAT	STRUCTURE	L
ÉTAT DE LA CHAUSSÉE*	TYPE D'ENTRETIEN	Adhérence / Macrotexture rayon)		Spécifiques (bruit, drainabilité, esthétique)	Dégradations de surface	Fissures	Uni longitudinal et transversal (orniérage grand rayon, affaissements)	Déflexion ***	Nids de poules
« Neuf » 0 - 7 ans*	Courant	Bon	Absence	Bon	Aucune ou très locales	Absence	Bon	Faible	Absence
Bon 7 – 12 ans*	Courant Préventif	Acceptable	Très faible	Légèrement dégradé	Localisées	Quelques fissures Bon		Faible	Absence
Moyen 12 à 20 ans*	Courant Préventif	Acceptable	< 10 mm	Dégradé	Plumage, pelade, ressuage, fissures de surface** par zones	Fissuré Légèrement dégradé		Acceptable	Absence
Médiocre 15 à 25 ans*	Courant Curatif	Faible	> 10 mm	Très dégradé	Plumage, pelade, arrachement important, ressuages, faïençage, fissuration de surface** importante	Très fissuré, faïençage	Gros défauts	Forte	Possible
Mauvais 20 à 30 ans*	Courant Curatif	Faible	> 20 mm	Très dégradé	Surface très dégradée	Fissuration généralisée, faïençage	Très déformé	Très forte	Localement
Ruiné > 30 ans*	Réhabilitation curative		S	urface très dég	radée	Fissuration généralisée, faïençage	Faible traficabilité	Très forte	Très fréquents

^{*} La période indiquée correspond à l'évolution de la chaussée généralement constatée en l'absence d'entretien et avec le trafic prévu. Elle n'est pas à considérer comme le critère définissant la nature des travaux, seuls les indicateurs d'état sont à prendre en compte.

^{**} Fissuration de surface : peut avoir des causes diverses telles que fissuration par le haut, décollement de couche, faiblesse localisée. L'origine doit être prise en compte dans le choix de l'entretien.

^{*** :} Niveaux de déflexion à personnaliser en fonction du trafic et du type de chaussée.

4

Les techniques d'entretien économiques

Dans un certain nombre de cas, le type de revêtement à utiliser pour l'entretien est dicté par la conception même de la voirie, par exemple pour des questions de réduction de bruit, de drainabilité, d'adhérence renforcée ou d'esthétique.

Les cas particuliers ne seront pas traités dans cette note, qui se concentrera sur le cas général des chaussées standard. Le cas de la réhabilitation lourde ou renforcement des chaussées sort également du cadre de cette note d'information.

Les chapitres qui suivent présentent les différentes techniques d'entretien disponibles, leur définition synthétique et les qualités qu'elles apportent à la chaussée. Une appréciation de leur coût est également donnée. Les valeurs indiquées sont destinées à établir une comparaison entre les techniques. Elles ne représentent pas des coûts absolus et sont par nature variables dans le temps et selon les zones géographiques.

Enfin, une grille d'aide au choix de la technique la plus adéquate est proposée en annexe, à la suite de cet inventaire.

Un autre volet important de comparaison des techniques d'entretien serait celui de l'impact environnemental et en particulier de l'empreinte en gaz à effet de serre et de la consommation d'énergie. Des études ont été menées pour identifier par grandes famille de produits « génériques » les impacts précités (se référer aux guides techniques publiés par l'IDRRIM et le Cerema cités en bibliographie). Ces études, bien souvent restreintes au volet fabrication et mise en œuvre, sans forcément y intégrer une analyse complète du cycle de vie et la notion de durabilité, mettent logiquement en évidence le bénéfice des techniques minces et des techniques à l'émulsion, faibles consommatrices de ressources non renouvelables.

Les gestionnaires de réseaux disposent d'ores et déjà d'outils pour calculer l'impact de leurs projets de travaux. L'éco-comparateur SEVE¹ permet ainsi l'évaluation de la consommation énergétique, des émissions en gaz à effet de serre et de la consommation de matières premières non renouvelables et recyclées.

Entretien courant

L'entretien courant peut être utilisé sur tous types de chaussées lors d'apparition de désordres localisés ne nécessitant pas un entretien général. Il peut s'avérer nécessaire sur des chaussées de tous niveaux de qualité.

Un entretien courant réalisé au bon moment, par exemple par l'organisation de campagnes annuelles après identification des dégradations apparues sur le réseau, présente un caractère préventif. Il permet de limiter la propagation de certaines dégradations, de maintenir l'imperméabilité de la chaussée et d'assurer un niveau acceptable de sécurité.

Les deux tableaux suivants présentent les principales techniques employées pour l'entretien courant.

¹ http://www.seve-tp.com

■ Techniques d'imperméabilisation et de restauration de l'adhérence

Tableau 2 : Techniques d'imperméabilisation et de restauration de l'adhérence

	POINT À TEMPS	PONTAGE DE FISSURES	HYDRORÉGÉNÉRATION ET GRENAILLAGE
Définition	Epandage d'émulsion et de gravillons pour des réparations localisées, réalisable en manuel ou préférentiellement de façon automatisée et synchrone	Garnissage de la fissure avec un mastic, mélange de sable et bitume. Finition sablée nécessaire.	Projection sur la surface à décaper pour éliminer les souillures, enlever l'excédent de liant et/ou de mastic et aspiration des déchets. Restauration de la macrotexture ou de la microtexture.
Domaine d'emploi - Trafic	Tout trafic	Tout trafic	Tout trafic
Imperméabilisation	Bonne efficacité	Bonne efficacité dans le cas de dégradations linéaires	Non
Adhérence	Régénération locale	Non	Bonne efficacité
Amélioration de l'uni	Non	Non	Non
Durée d'usage	De quelques mois à 4 ans suivant le trafic	De 5 à 15 ans selon le trafic	De 1 à 3 ans
Avantage spécifique	Réparations localisées	Colmatage de fissures	Amélioration de l'adhérence
Limites d'emploi	Dans le cas de dégradations non linéaires, légères et sur des surfaces étendues (pour lesquelles il convient d'envisager un revêtement superficiel dans une démarche d'entretien préventif). Risque de rejet à gérer.	Etat du support et type de fissures	A réaliser par temps sec et frais (hors périodes de gel). Technique risquant de vieillir prématurément le revêtement, à utiliser avec précaution.
Ordre de grandeur des coûts	2 à 3 €/m² traité	1 à 2 €/ml	2 à 5 €/m²

■ Techniques de bouchage de nids de poule et déflachage localisé

Tableau 3 : Techniques de bouchage de nids de poule et déflachage localisé

	ENROBÉS STOCKABLES	ENROBÉS STOCKABLES À PERFORMANCES AMÉLIORÉES*	ENROBÉS PROJETÉS	PURGES
Définition	Enrobé bitumineux stockable, en vrac ou conditionné	Enrobé stockable, conditionné à prise rapide et résistant au trafic	Projection d'enrobés à l'émulsion de bitume	Substitution de tout (purges profondes) ou partie (purges superficielles) des matériaux du corps de chaussée par des matériaux de meilleure qualité
Domaine d'emploi - Trafic	Pour des trafics faibles à moyen	Pour des trafics moyens à forts	Tout trafic. À privilégier pour des trafics faibles à moyens	Tout trafic
Imperméabilisation	Scellement de surface nécessaire pour imperméabilisation	Bonne efficacité	Bonne efficacité	Bonne efficacité
Adhérence	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
Amélioration de l'uni	Localement	Localement	Localement	Localement
Durée d'usage	Faible mais dépend du trafic. Meilleure durabilité avec des produits denses	De 2 à 5 ans selon trafic	De 2 à 5 ans selon le trafic et l'état du support	Longue si correctement réalisée
Avantage spécifique	Adapté pour la reprise de dégradations ponctuelles d'une couche de roulement	Adapté pour la reprise de dégradations ponctuelles d'une couche de roulement. Limite le nombre d'interventions et donc les risques sous circulation.	Adapté pour la reprise de dégradations ponctuelles d'une couche de roulement	Permet de réparer un défaut ponctuel de la chaussée
Limites d'emploi	Ne convient pas aux forts trafics. Emploi ponctuel	Emploi ponctuel	Emploi ponctuel – faible rejet de gravillons	A adapter au trafic
Ordre de grandeur des coûts	Vrac : 90 à 100 €/t Conditionné : environ 20 € par 25 kg	En seau : environ 30 € par 25 kg	Travail à la journée, coût au m² dépend du rendement	3 à 5 €/m²/cm selon dimension et technique de mise en œuvre

^{*}Enrobés stockables réactifs à l'eau ou à base de résines

Entretien préventif

L'entretien préventif est réalisé sur des chaussées de qualité bonne ou moyenne. Sa fonction est de rétablir les caractéristiques de surface à celles d'un état neuf et de protéger la structure de chaussée de la pénétration de l'eau. La protection de la structure limite son endommagement dans le temps du fait des intempéries et assure donc sa pérennité.

Dans certains cas, des travaux préparatoires localisés de type « *entretien courant* » peuvent être nécessaires pour corriger des points faibles.

Revêtements superficiels

Les revêtements superficiels (Enduits superficiels d'Usure (ESU), Matériaux Bitumineux Coulés à Froid (MBCF) et Revêtements Superficiels Combinés (RSC)) sont trois types de revêtement réalisés in situ en couche très mince, de l'épaisseur du gravillon utilisé. Ils permettent d'assurer la sécurité et l'imperméabilisation de la chaussée sans nécessiter de fraisage préalable. Ces revêtements présentent un caractère particulièrement peu coûteux au m².

C'est notamment sur le réseau départemental et communal que les revêtements superficiels (ESU, MBCF et RSC) trouvent tout leur intérêt technique (imperméabilité et adhérence), dès lors que l'assise de la chaussée n'est pas atteinte. Si les revêtements superficiels sont d'abord préconisés pour traiter les problèmes de surface, ils peuvent également constituer des solutions d'attente pour préserver une assise de chaussée atteinte dans l'attente de la mise en œuvre de solutions d'entretien plus lourdes.

Ces trois techniques ont en effet des domaines d'emploi très voisins et le choix s'effectuera après avoir analysé les paramètres suivants :

- Les objectifs visés : étanchéité, adhérence, limitation du bruit, aspect de surface, limitation du rejet ;
- Contraintes liées au site (agglomération et hors agglomération) et au trafic (faible à élevé) ;
- Limites d'emploi : Caractéristiques et état du support (homogénéité, déformations, niveau de déflexion par rapport aux classes de trafic, fissuration).

Tableau 4 : Techniques de revêtement superficiel

	ESU	MBCF	RSC
Définition	Enduit Superficiel d'Usure. Monocouche, bicouche ou prégravillonnés (plus « épais »).	Matériau Bitumineux Coulé à Froid. Revêtement à froid de faible épaisseur en une ou deux couches.	Revêtement Superficiel Combiné. Association d'une couche type Enduit Superficiel et d'un MBCF.
Domaine d'emploi / trafic	Toutes chaussées, le plus souvent sous faible et moyen trafic	Toutes chaussées, le plus souvent sous faible et moyen trafic	Toutes chaussées, le plus souvent sous faible et moyen trafic
Imperméabilisation	Très efficace durablement	Bonne efficacité	Très efficace durablement
Adhérence	Très bonne	Bonne	Bonne
Amélioration de l'uni	Non	Reprofilage d'ornière jusqu'à 1 cm, en bicouche	Non
Durée de vie	13 à 15 ans	8 à 9 ans Monocouche 8 à 14 ans en bicouche	Technique récente : supérieure à 10 ans
Avantage spécifique	Technique très économique, forte imperméabilisation et forte macrotexture, capacité de reprise de certaines hétérogénéités du support pour les ESU « épais » pré-gravillonnés	Technique très économique à faible rejet. Aspect enrobé. Revêtement superficiel moins bruyant que les ESU.	Technique économique. Imperméabilisation apportée par l'ES et aspect des MBCF. Faible rejet. Bon niveau d'adhérence à terme. Revêtement superficiel moins bruyant que les ESU.
Limites d'emploi	Revêtement bruyant. Précautions à la remise en service. Risque de rejet au jeune âge.	Déformabilité du support : imperméabilisation peu durable en cas de fissuration active. Peu adapté aux fortes sollicitations hivernales.	Précautions à la remise en service. Peut générer un glaçage sous très fort trafic : adapter qualité du liant et dosages.
Ordre de grandeur des coûts *	2 à 4 €/m²	3 à 4 €/m² en monocouche 4 à 6 €/m² en bicouche	5 à 8 €/m²

^{*} Ces ordres de grandeurs varient en fonction du contexte propre du chantier, des matériaux sélectionnés, de la structure du revêtement superficiel (monocouche ou bicouche pour les ESU)

■ Enrobés bitumineux à chaud

Les enrobés bitumineux à chaud, également réalisables à température abaissée (tiède), sont largement employés en entretien, en rechargement ou après fraisage. Les BBM, BBSG et BBS permettent un certain reprofilage et une contribution structurelle selon leur épaisseur moyenne. Les BBTM et BBUM sont à réserver à des chaussées en très bon état structurel. Ils apportent des caractéristiques d'adhérence, de drainabilité et phonique pour les 0/6.

Les BBME n'ont pas été intégrés au tableau car ils correspondent à un usage sur des chaussées à fort trafic, les auteurs ont donc estimé qu'ils étaient en dehors du champ de ce document. Les Stone Mastic Asphalt (SMA), qui sont parfois employés dans certaines régions mais ne font pas partie des produits répertoriés dans la doctrine française, n'ont pas été présentés. Leur domaine d'emploi est similaire à celui des BBM avec une résistance accrue aux hivers rigoureux.

Tableau 5 : Techniques d'enrobés bitumineux à chaud

	ввим	ввтм	ввм	BBSG	BBS
Définition	Béton Bitumineux Ultra Mince	Béton Bitumineux Très Mince	Béton Bitumineux Mince	Béton Bitumineux Semi Grenu	Béton Bitumineux Souple
Domaine d'emploi / trafic	25 à 40 kg/m²	20 à 30 mm	30 à 50 mm	50 à 90 mm	Épaisseur variable, 4 à 12 cm
Imperméabilisation	Nécessité d'imperméabiliser le support (couche d'accrochage fortement dosée ou revêtements superficiels selon le cas)	Nécessité d'un support imperméabilisé (couche d'accrochage fortement dosée ou revêtements superficiels selon le cas)	Bonne efficacité	Bonne efficacité	Bonne efficacité durablement
Adhérence	Très bonne adhérence	Très bonne adhérence	Bonne adhérence durablement	Acceptable	Acceptable
Amélioration de l'uni	Non	Déformation maximale 10 mm	Déformation maximale 15 mm	Déformation maximale 20 mm	Fort pouvoir de reprofilage
Durée de vie	8 à 10 ans Bitume modifié recommandé Sensibles à l'affinité liant granulat et météorologie	≥ 8 ans avec bitume pur ≥ 12 ans avec bitume modifié Sensibles à l'affinité liant granulat et météorologie	13 à 20 ans Bitume modifié Recommandé pour trafic ≥ T2	13 à 20 ans	14 à 16 ans
Avantage spécifique	Economique pour restaurer une forte adhérence	Revêtement peu bruyant à forte adhérence pour fort trafic	Allie les qualités d'imperméabilisation, d'adhérence et de reprofilage, avec un niveau de bruit limité Peut contenir une proportion de recyclé	Bonne capacité de reprofilage et d'imperméabilisation, apport structurel. Peut contenir une forte proportion de recyclé	Bien adapté aux supports souples et aux climats rigoureux Peut contenir une forte proportion de recyclé
Limites d'emploi	Nécessité d'un support en très bon état (planéité et absence de fissuration)	Inadapté aux supports de mauvaise qualité (planéité, fissuration)			Inadapté aux trafics ≥ T2. Macrotexture faible
Ordre de grandeur des coûts	Environ 6 €/m²	8 à 10 €/m²	10 à 12 €/m²	14 à 20 €/m² selon épaisseur	12 à 14 €/m²

■ Enrobés bitumineux à l'émulsion

Les bétons bitumineux à l'émulsions (BBE) sont encore très inégalement développés sur le territoire. Certaines régions ont acquis une forte expérience avec ces techniques. Leur efficacité sous des trafics moyens a ainsi été démontrée et leur durée de vie est proche des techniques à chaud lorsque la maîtrise du produit est bonne.

Les bétons bitumineux à l'émulsion présentent une très grande flexibilité d'emploi, une bonne capacité de reprofilage et s'accommodent bien des supports souples ainsi que des climats montagneux.

Ils permettent de couvrir la gamme d'épaisseur allant de très mince (TM, 2 à 3 cm) à mince (M, 3 à 5 cm) et épais (E, 5 à 8 cm) avec des granularités allant de 0/6 à 0/14.

Les BBE de type 1 (TM ou M) sont très souples et sont limités en utilisation au trafic T3. Les BBE de type 2 (TM, M ou E) ont des caractéristiques mécaniques supérieures et peuvent être employées jusqu'au trafic T2.

	DÉFINITION	DOMAINE D'EMPLOI	DURÉE DE VIE	IMPERMÉABILISATION	AVANTAGE SPÉCIFIQUE	τῦοο	LIMITES D'EMPLOI
BBE	Béton Bitumineux à l'émulsion	20 à 80 mm	Durée de vie supérieure à 10 ans pour une mise en œuvre dans de bonnes conditions Dépend du trafic et de la formulation	Bonne	Correction des déformations modérées et nouvelle couche de roulement	8 à 12 €/m²	Inadapté aux trafics > T2 et aux efforts tangentiels importants

Tableau 6 : Techniques d'enrobés bitumineux à l'émulsion

Entretien curatif

L'entretien curatif est réalisé sur des chaussées de qualité moyenne, médiocre ou mauvaise

■ Enrobés à chaud

Une large palette de produit est disponible pour l'entretien curatif. L'étude de la chaussée en place et la connaissance du trafic permettent de sélectionner la solution optimale. Dans un certain nombre de cas, cette étude conduit à des solutions en enrobés à chaud épaisses en une ou deux couches. Les enrobés à chaud comme les BBM, BBSG, et BBS sont donc fréquemment utilisés

en entretien curatif (se référer au tableau 5).

Il peut être nécessaire de précéder leur mise en œuvre par un reprofilage en grave bitume (GB).

■ Enrobés à l'émulsion

Des solutions plus économiques sont souvent possibles pour des trafics faibles ou moyens avec des produits à l'émulsion tels que les BBE (se référer au tableau 6), la grave émulsion de reprofilage (GE R) ou la grave émulsion structurante (GE S) revêtues d'une couche de roulement de type revêtement superficiel (voir tableau 4).

Le développement de ces produits est encore inégal sur le territoire français et des écarts de prix ou de disponibilité peuvent être encore constatés en fonction des régions. L'augmentation de la demande permettra d'homogénéiser les pratiques sur le territoire. En outre, ces techniques à l'émulsion ont une empreinte carbone réduite par rapport aux produits chauds.

Leur utilisation constitue une contribution à l'effort sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

■ Revêtement superficiel combiné

La technique des RSC permet d'imperméabiliser les chaussées fatiguées et fissurées et de constituer une couche de roulement homogène à moindre coût et en très faible épaisseur. Les petits défauts de profil sont également corrigés. Cette technique ne présente pas de pouvoir de renforcement structurel à proprement parler mais en imperméabilisant efficacement la chaussée, elle améliore la portance du support et améliore ainsi la qualité de l'assise. Sur des chaussées fortement fissurées, des RSC armés de fibres (par exemple de verre) devront être employés. Ils permettent de différer un entretien curatif beaucoup plus coûteux dans bon nombre de cas et ainsi étaler la dépense en cas de budget insuffisant.

■ Retraitement en place

Les retraitements en place sont également de bonnes solutions d'entretien curatif présentant un fort caractère environnemental. Ils permettent de restaurer l'assise de la chaussée tout en rétablissant la qualité du profil en travers. En fonction des désordres, de la constitution de la chaussée et du trafic à supporter, il est possible d'avoir recours au retraitement à l'émulsion, au liant hydraulique ou à une solution mixte. Ces matériaux retraités nécessitent généralement un enduit de scellement (ou de cure) suivi par une couche de roulement bitumineuse imperméabilisante en protection. Le choix de cette couche de roulement se fait parmi les revêtements superficiels ou les enrobés bitumineux présentés dans les chapitres précédents, en fonction des objectifs sur les caractéristiques de surface.

Dans certains cas, le recyclage en place à l'émulsion permet de renouveler simplement la couche de roulement. De plus, il permet de gérer le cas où les matériaux en place contiennent des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à un taux qui nécessiterait leur mise en installations de stockage de déchets dangereux ou non dangereux (ISDD ou ISDND) selon leur concentration.

Tableau 7, première partie : Solutions de rechargement et de retraitement

	tasteau 1, premiero paras : estadorio de restrangemente et de realización en												
	ENROBÉS DE REPROFILAGE	GE R	GE S	RETRAITEMENT EN PLACE AU LIANT HYDRAULIQUE	RETRAITEMENT EN PLACE À L'ÉMULSION	RETRAITEMENT EN PLACE MIXTE							
Définition	Grave bitume (GB2 ou GB3) ou béton bitumineux	Grave émulsion de reprofilage	Grave émulsion structurante	Recyclage in situ du corps de chaussée au liant hydraulique	Recyclage in situ à l'émulsion de bitume	Recyclage in situ du corps de chaussée au liant hydraulique et à l'émulsion							
Domaine d'emploi / trafic	Chaussées très déformées (profils en travers et longitudinal) Réalisation de purges Tous trafics	Chaussées très déformées (profils en travers et longitudinal) Réalisation de purges Tous trafics < T2	Chaussées déformées et fatiguées. Réalisation de purges Tous trafics ≤ T1	Chaussées très fatiguées, augmentation de trafic / renforcement Tous trafics	Couches bitumineuses décollées ou très vieillies, augmentation de l'épaisseur la base bitumineuse Trafic ≤ T1	Selon la proportion des liants : domaine du retraitement aux liants hydrauliques ou à l'émulsion							
Imperméabilisation	Partielle Nécessite une couche d'accrochage et une couche de roulement	Oui mais nécessite une couche de roulement	Partielle Nécessite une couche d'accrochage et une couche de roulement : ESU, MBCF, RSC	Non. Corps de chaussée à recouvrir par un enduit de cure et au moins un revêtement bitumineux épais imperméabilisant Prévoir système anti-fissure	Partielle. Cette assise ou liaison est à recouvrir par un enduit de scellement et une couche de surface imperméable : ESU, MBCF, RSC, BBE, BBSG ou BBS	Idem retraitement aux liants hydrauliques ou à l'émulsion selon le liant prédominant							
Amélioration de l'uni	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace avec la couche de roulement épaisse	Très efficace (dépend cependant du type d'atelier et de la couche de roulement)	Très efficace avec une couche de roulement épaisse							

Tableau 7, deuxième partie : Solutions de rechargement et de retraitement

	ENROBÉS DE REPROFILAGE	GE R	GE S	RETRAITEMENT EN PLACE AU LIANT HYDRAULIQUE	RETRAITEMENT EN PLACE À L'ÉMULSION	RETRAITEMENT EN PLACE MIXTE
Durée de vie (sous réserve d'un éventuel entretien courant ou préventif)	Longue > 15 ans Selon état structurel Risque de rupture si déflexions trop fortes	Longue > 15 ans Très souple, s'adapte aux déformations futures	Longue > 15 ans Très souple, s'adapte aux déformations futures	Longue > 15 ans	Longue > 15 ans	Longue > 15 ans
Avantage spécifique	Forte capacité de reprofilage, durabilité	Très souple supporte déformations, fissuration et climats rigoureux Ne fissure pas Passage à zéro en épaisseur; version possible avec 100% de recyclage d'agrégats	Reprofilage et apport structurel Supporte déformations, fissuration et climats rigoureux. Ne fissure pas	Fort apport structurel avec un minimum d'apport extérieur de matériaux	Restructuration des chaussées souple avec un minimum d'apport extérieur de matériaux. Se satisfait d'une couche de roulement à l'émulsion	Idem retraitement aux liants hydrauliques ou à l'émulsion selon liant prédominant
Limites d'emploi	Nécessite une épaisseur minimale Zone montagneuse : préférer la GE R	Limitée aux trafics moyens	Nécessite une épaisseur minimale	Etude préalable nécessaire (auscultation, sondages, formulation) Fissuration de retrait à gérer	Etude préalable nécessaire (auscultation, sondages, formulation)	Etude préalable nécessaire (auscultation, sondages, formulation)
Ordre de grandeur des coûts	80 à 100 €/t	40 à 50 €/t	45 à- 55 €/t	10 à 12 €/m²	Environ 12 €/m²	Environ 12 €/m²

■ Technique destinées à lutter contre la fissuration

Dans le cas de chaussées présentant une forte fissuration de fatigue ou de retrait thermique, l'interposition d'une couche retardant la remontée des fissures peut augmenter la durée de vie de l'entretien. L'emploi de ces techniques doit être précédé d'une étude spécifique et faire l'objet d'une qualification d'efficacité sur le long terme par une étude de laboratoire (par exemple essai de retrait flexion du Cerema d'Autun) ou par retour d'expérience. Ils sont également utilisables en association avec des retraitements aux liants hydrauliques.

Tableau 8 : Solutions spéciales contre la remontée de fissures

			Contro la remontee de lissures		
	SABLE ENROBÉ	GÉOGRILLE	ENDUIT ARMÉ DE FIBRES	MBCF ARMÉ DE FIBRES	RSC ARMÉ DE FIBRES
Définition	Enrobé bitumineux à chaud 0/4 ou 0/6 à fort module de richesse, liant généralement modifié. Epaisseur 2 cm	Géogrilles de différents types et constituants	Enduits superficiel incorporant des fibres de verre. Monocouche en interposition Bicouche en surface	MBCF contenant des fibres de verre en interposition. Monocouche en interposition Bicouche en surface	Revêtement superficiel combiné incorporant des fibres de verre
Domaine d'emploi / trafic	Fort et moyen	Tous trafics Nécessite un revêtement en enrobé de 4 à 8 cm selon les cas de figure	Tous trafics Ne nécessite pas de couche de roulement pour trafic faible ou moyen	Tous trafics Ne nécessite pas de couche de roulement pour trafic faible ou moyen	Tous trafics Ne nécessite pas de couche de roulement
Imperméabilisation	Efficace	Efficace	Efficace	Efficace	Efficace
Amélioration de l'uni	Oui, petites ondes, mais avec déformations limitées	Aucune : apportée par la couche d'enrobé	Aucune : apportée par la couche d'enrobé	Faible : apportée par la couche d'enrobé	Faible : apportée par la couche d'enrobé
Efficacité anti fissure	+++	+++	++	+	++
Avantage spécifique	Epaisseur permet un certain reprofilage, convient aussi sur dalles béton sans battement	Apporte une capacité de renforcement supplémentaire pour certains produits	Très rapide et simple de mise en œuvre. Très économique	Très rapide et simple de mise en œuvre. Très économique	Très rapide et simple de mise en œuvre. Économique
Limites d'emploi	Système le plus cher, réservé en général à des chaussées à très fort trafic. Une bonne maîtrise de l'épaisseur est nécessaire	Qualité de produits très variable. Qualification nécessaire de chaque référence. Nécessite un support bitumineux de bonne planéité et un tracé peu sinueux. Veiller à la qualité du collage des couches : respect du dosage en émulsion d'accrochage	Requiert un matériel adapté, une bonne maîtrise des dosages et une équipe entrainée	Efficacité anti-fissure limitée à une fissuration peu active	La réalisation des RSC en général requiert une équipe entrainée à cette technique
Ordre de grandeur des coûts	10 à 15 €/m² (hors couche de roulement)	4 à 6 €/m² (hors couche de roulement)	3 à 5 €/m² (hors couche de roulement)	4 à 6 €/m² (hors couche de roulement)	7 à 9 €/m²

Annexe - Grilles d'aide au choix de la technique d'entretien

Avertissement relatif aux grilles ci-dessous :

Les grilles d'aide au choix présentent les différentes techniques d'entretien disponibles, les qualités qu'elles apportent à la chaussée et une appréciation de leur coût unitaire. Les informations données sont destinées à établir une comparaison entre les techniques. Elles n'ont pas l'ambition de constituer des indications précises ou des coûts absolus, ces derniers étant par nature variables dans le temps et dans l'espace.

Techniques d'entretien courant pour des interventions sur des défauts localisés

Ces techniques doivent être organisées par campagnes sur un réseau de façon à amortir les frais fixes de mobilisation des équipes et du matériel spécifique.

	NIDS DE POULE	GLISSANCE	ORNIÉRAGE	DRAINABILITÉ SUPERFICIELLE	ARRACHEMENTS	DÉFAUT D' IMPERMÉABILISATION	RESSUAGE	FAIBLE FISSURE	FORTE FISSURE	FAÏENÇAGE	AFFAISSEMENTS	FAIBLE ET MOYEN TRAFIC	FORT TRAFIC	COÛT / M² (en €)	DURÉE DE VIE (ANNÉES)
Point à temps	S.O.		S.O.				S.O.		S.O.	S.O.	S.O.			2 à 3	0,5 à 4
Pontage de fissures	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.		S.O.			S.O.	S.O.			1 à 2 €/ml	5 à 15
Hydrorégénération et grenaillage	S.O.		S.O.		S.O.	S.O.		S.O.	S.O.	S.O.	S.O.			2 à 5	1 à 3
Enrobés à froid stockables		S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.				S.O.	1 à 3
Enrobés à froid stockables à performances améliorées	+	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.					S.O.	2 à 5
Enrobés projetés		S.O.	S.O.	S.O.		S.O.	S.O.							S.O.	2 à 5
Purges + GB, BBSG ou BBS		S.O.		S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.					3 à 5 / cm/m²	5 à 15

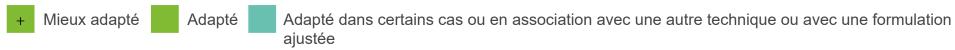


Inadapté S.O. : Sans Objet

Technique d'entretien préventif et curatif

	ENTRETIEN PRÉVENTIF	ENTRETIEN CURATIF	GLISSANCE	ORNIÉRAGE, DÉFORMATIONS	BRUIT	DRAINABILITÉ SUPERFICIELLE	ARRACHEMENTS	DÉFAUT D' IMPERMÉABILISATION	RESSUAGE	FAIBLE FISSURE	FORTE FISSURE	FAÏENÇAGE	UNI LONGITUDINAL	AFFAISSEMENTS	FORTES DÉFLEXIONS	FAIBLE ET MOYEN TRAFIC	FORT TRAFIC	COÛT / M² (en €)	DURÉE DE VIE
ESU								+										2 à 4	13 à 15
MBCF																		3 à 4 mono 4 à 6 bi	8 à 9 mono 8 à 14 bi
RSC								+										5 à 8	> 10
BBUM																		Environ 6	8 à 10
ввтм							*											8 à 10	≥ 8 bit. pur ≥ 12 BmP
ВВМ							*											10 à 12	13 à 20
BBSG			*			*												14 à 20	13 à 20
BBS																		12 à 14	14 à 16
BBE																		8 à 12	≥ 10
GB/BB Reprofilage	S.O.		S.O.		S.O.	S.O.			S.O.									80 à 100 / tonne	> 15
GE Reprofilage	S.O.		S.O.		S.O.	S.O.			S.O.									40 à 50 / tonne	> 15
GE Structurante	S.O.		S.O.		S.O.	S.O.	S.O.		S.O.	S.O.								45 à 55 / tonne	> 15

	ENTRETIEN PRÉVENTIF	ENTRETIEN CURATIF	GLISSANCE	ORNIÉRAGE, DÉFORMATIONS	BRUIT	DRAINABILITÉ SUPERFICIELLE	ARRACHEMENTS	DÉFAUT D' IMPERMÉABILISATION	RESSUAGE	FAIBLE FISSURES	FORTE FISSURES	FAÏENÇAGE	UNI LONGITUDINAL	AFFAISSEMENTS	FORTES DÉFLEXIONS	FAIBLE ET MOYEN TRAFIC	FORT TRAFIC	COÛT / M² (en €)	DURÉE DE VIE
Retraitement au liant hydraulique*	S.O.		S.O.		S.O.	S.O.	S.O.		S.O.	S.O.								10 à 12	> 15
Retraitement à l'émulsion	S.O.		S.O.		S.O.	S.O.	S.O.		S.O.	S.O.								Environ 12	> 15
Retraitement mixte	S.O.		S.O.		S.O.	S.O.	S.O.		S.O.	S.O.								Environ 12	> 15
Sable enrobé	S.O.		S.O.		S.O.	S.O.	S.O.		S.O.				S.O.	S.O.	S.O.			10 à 15	S.O.
Géogrille	S.O.		S.O.		S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.				S.O.					4 à 6	S.O.
Enduit fibré																		3 à 5	S.O.
MBCF fibré																		4 à 6	S.O.
RSC fibré																		7 à 9	S.O.



Adapté en couche de roulement en association avec une technique curative

Inadapté S.O. : Sans Objet

Lexique des abréviations

APL: Analyse(ur) de profil en long

BBE: Béton bitumineux à l'émulsion

BBM: Béton bitumineux mince

BBS: Béton bitumineux souple

BBSG: Béton bitumineux semi-grenu

BBTM: Béton bitumineux très mince

BBUM: Béton bitumineux ultra mince

CFL: Coefficient de frottement longitudinal

CFT: Coefficient de frottement transversal

ES: Enduit superficiel

ESU: Enduit superficiel d'usure

FWD : Falling weight deflectometer

GER: Grave émulsion de reprofilage

GE S: Grave émulsion structurante

MBCF: Matériau bitumineux coulé à froid

MLPL: Multiprofilomètre longitudinal

PMT: Profondeur moyenne de texture

RSC: Revêtement superficiel combiné

SMA: Stone mastic asphalt

S.O.: Sans objet

TUS: Transversoprofilographe à ultrasons

Bibliographie

Guide « Enrobés à l'émulsion fabriqués en usine », IDRRIM-Cerema – 2020

Guide « Enduits Superficiels d'Usure », IDRRIM-Cerema – 2017

Guide « Matériaux Bitumineux Coulés à Froid », IDRRIM-Cerema – 2017

Guide « GEPUR : Gestion et Entretien du Patrimoine Urbain et Routier - Méthodes, outils et techniques Volet n°1 : Routes Interurbaines et traverses d'agglomérations », IDRRIM – 2016

Guide « Diagnostic et conception des renforcements de chaussées », IDRRIM-Cerema – 2016

Guide « Adhérence des chaussées – Etat de l'art et recommandations », IDRRIM-Cerema – 2016

Guide « Stratégies routières et techniques d'entretien – CT D.2 - 2013R08FR », AIPCR – 2013

Guide « Aide au choix des techniques d'entretien des couches de surface des chaussées (Guide ACTE) », SETRA – 2003

Guide « Retraitement en place des anciennes chaussées », SETRA – 2003

Guide « L'entretien courant des chaussées - Guide pratique », SETRA – 1996

Catalogue des dégradations de surface des chaussées – méthode d'essai N° 52, LCPC – 1998

Note d'information n°43 « Choix et mise en œuvre des couches de surface dans les zones soumises à des conditions climatiques hivernales rigoureuses », IDRRIM – 2020

Note d'information n° 35 « Revêtements Superficiels Combinés (RSC) », IDRRIM – 2018

Note d'information n°93 - « Systèmes limitant la remontée des fissures transversales de retrait hydraulique », SETRA – 1997

Rédacteurs

La présente note d'information a été rédigée par un groupe de travail spécifique rattaché au comité opérationnel Gestion de Patrimoine d'Infrastructures de l'IDRRIM et composé de :

Joseph Abdo – CIMBéton (JA-Consulting)

Luc Beaudelot - DIR Nord

Claude Giorgi – Routes de France (Eiffage)

Eric Godard – Routes de France (Colas)²

Sabine Lebec – Routes de France (Eurovia)

Lionel Odie – Cerema

Patrick Porru – IDRRIM

Pascal Rossigny – Cerema

La présente note d'information a été rédigée par un groupe de travail spécifique rattaché au comité opérationnel Gestion de Patrimoine d'Infrastructures de l'IDRRIM.

Avertissement : La présente note est destinée à une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et de non exhaustivité. Ce document ne peut en aucun cas engager la responsabilité ni des auteurs, ni de l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité.



9, rue de Berri - 75008 Paris - Tél : +33 1 44 13 32 99

www.idrrim.com - idrrim@idrrim.com



