



RETRAITEMENT DES CHAUSSÉES EN PLACE À FROID LES ASPECTS GÉNÉRAUX

Laurent CRETON

LC Consulting



ENTRETIEN STRUCTUREL D'UNE CHAUSSÉE

DEUX SOLUTIONS TECHNIQUES

Reconstruction ou renforcement épais :

- Reconstruction = décaissement et reconstruction de la chaussée.
- Renforcement épais = fraisage des couches de surface dégradées et rechargement par des couches d'assise neuves.

→ **TECHNIQUES LOURDES, COÛTEUSES, SOURCES DE NUISANCES POUR LES RIVERAINS.**

Retraitement en place

- Réutiliser les matériaux en place « **déjà payés** ».
- Route = gisement de matériaux existant, (re)valorisé par un liant hydraulique.

→ **SOLUTION TECHNIQUE LA PLUS RATIONNELLE CAR LA PLUS ÉCONOMIQUE ET LA MIEUX ADAPTÉE À L'ENVIRONNEMENT (15 – 20 €/m² y compris la couche de surface).**



LE RETRAITEMENT DES CHAUSSÉES EN PLACE

Cette technique consiste à **incorporer** au matériau obtenu par fractionnement de l'ancienne chaussée, **un liant**, et à les mélanger intimement, in situ, jusqu'à l'obtention d'un matériau homogène et performant.

On **réalise** ainsi, après réglage et compactage du matériau traité, **une nouvelle assise de chaussée** sur laquelle on applique :

- soit une couche de surface,
- soit d'autres couches de chaussée si la couche retraitée ne peut, à elle seule, supporter les sollicitations du trafic.



DOMAINES D'EMPLOI DU RETRAITEMENT EN PLACE

Ensemble des routes quel que soit le trafic : Autoroutes, RN, RD, zones aéroportuaires, portuaires, industrielles, voiries communales et rurales.

Exemple : Retraitement structurel d'un chemin forestier (Chamonix) et d'une voirie communale à Pernay-La Membrolle (Indre-et-Loire)



Exemple : Retraitement couche de fondation voie lente Autoroute A10 à Poitiers (Depuis 1985)



VL - A 10 Poitiers 05 / 2004 sens NS

AVANTAGES

- **Préservation du patrimoine routier,**
- **Préservation des ressources naturelles:** Granulats, Bitume,
- **Réduction des coûts énergétiques:** Séchage des matériaux, Fabrication, Transport,
- **Traitement en place des matériaux présentant une forte teneur en HAP,**
- **Réduction des nuisances environnementales:** poussières, fumées, moins d'émissions liées au transport,
- **Réduction de la gêne à l'usager:** moins de trafic lié au transport des matériaux et au chantier, Remise en circulation rapide,
- **Réduction générale des coûts.**



GUIDE CFTR « RETRAITEMENT EN PLACE À FROID DES ANCIENNES CHAUSSÉES »

Rédaction :

- Comité Sectoriel « Méthodologie » du CFTR,
- Groupe de travail présidé par le LROP et constitué d'experts des LRPC, du SETRA, du LCPC, des entreprises routières et de CIMbéton.

4 Parties :

- Présentation du guide.
- Livret I – Liants hydrocarbonés.
- Livret II – Liants hydrauliques.
- Livret III – Liants composés.



GUIDE CFTR « RETRAITEMENT EN PLACE À FROID DES ANCIENNES CHAUSSÉES »

Technique de retraitement Caractéristiques	Retraitement à L'émulsion de bitume			Retraitement avec un liant hydraulique	Retraitement avec un liant composé
	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe V
Principe	Retraiter à l'émulsion de bitume tout ou partie de la chaussée dégradée.	Retraiter à l'émulsion de bitume une partie de la chaussée dégradée.	Recyclage de la couverture bitumineuse.	Retraiter au liant hydraulique tout ou partie de la chaussée dégradée, éventuellement une partie du support de chaussée.	Retraiter au liant mixte tout ou partie de la chaussée dégradée.
Matériaux visés de l'ancienne chaussée à retraiter	3 à 4 cm de couverture bitumineuse + Assise en GNT ou en GTLH	4 à 8 cm de couverture bitumineuse + Assise en GNT ou en GTLH	Uniquement des matériaux bitumineux en intégrant l'interface	Tout ou partie de la couverture bitumineuse + Tout ou partie de l'assise + Eventuellement une partie du support	Tout ou partie de la couverture bitumineuse + Tout ou partie de l'assise
Objectif	Améliorer les caractéristiques mécaniques et géométriques de la chaussée. Renforcement structurel	Réhabilitation des couches de surface		Création d'une nouvelle structure de chaussée à partir de l'ancienne chaussée dégradée. Renforcement structurel	Création d'une nouvelle structure de chaussée ou correction d'un défaut des couches de surfaces. Renforcement structurel.
Liant	Emulsion de bitume	Emulsion de bitume pur ou régénérant	Emulsion de bitume régénérant	Liant hydraulique : Ciment ou Liant Hydraulique Routier LHR	Mélange : Ciment ou LHR + Emulsion de bitume
Dosage liant	3 à 5 % de bitume résiduel	1 à 3 % de bitume résiduel	Jusqu'à 2 % de bitume résiduel	3 à 6 % de liant hydraulique	3 à 7 % de liant composé
Epaisseur de la couche retraitée	10 – 15 cm	5 à 12 cm	5 à 12 cm	20 à 40 cm	10 à 30 cm





RETRAITEMENT A L'ÉMULSION



LE DOMAINE D'APPLICATION

- Traitement de matériaux routiers (GNT, matériaux bitumineux)
- En couche de surface ou de liaison ; épaisseur 5 à 15 cm
- Etude laboratoire préalable, fonction du trafic.
- Le retraitement à l'émulsion permet :
 - De réhabiliter les couches de surface,
 - De traiter les problèmes d'interfaces – couches décollées,
 - D'effectuer un renforcement structurel.



LE RETRAITEMENT EN PLACE À L'ÉMULSION



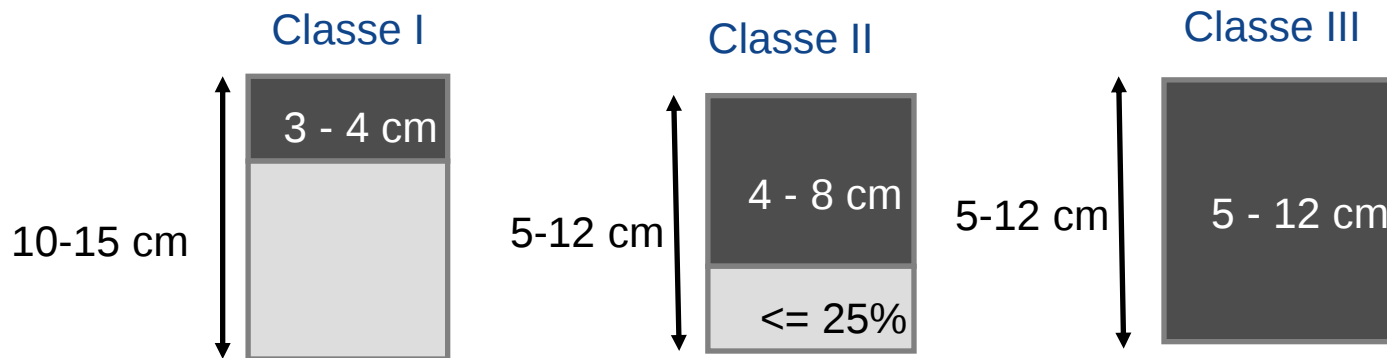
AVANT



APRÈS



LES DIFFÉRENTES CLASSES



Objectif	Renforcement Struct.	Rénovation des couches de surface	
Type de bitume	Bitume pur	Bitume pur ou de régénération	Bitume de régénération
Bitume d'ajout	3 à 5%	1 à 3%	jusqu'à 2%
Epaisseur de la couche retraitée	10 à 15 cm	5 à 12 cm	5 à 12 cm

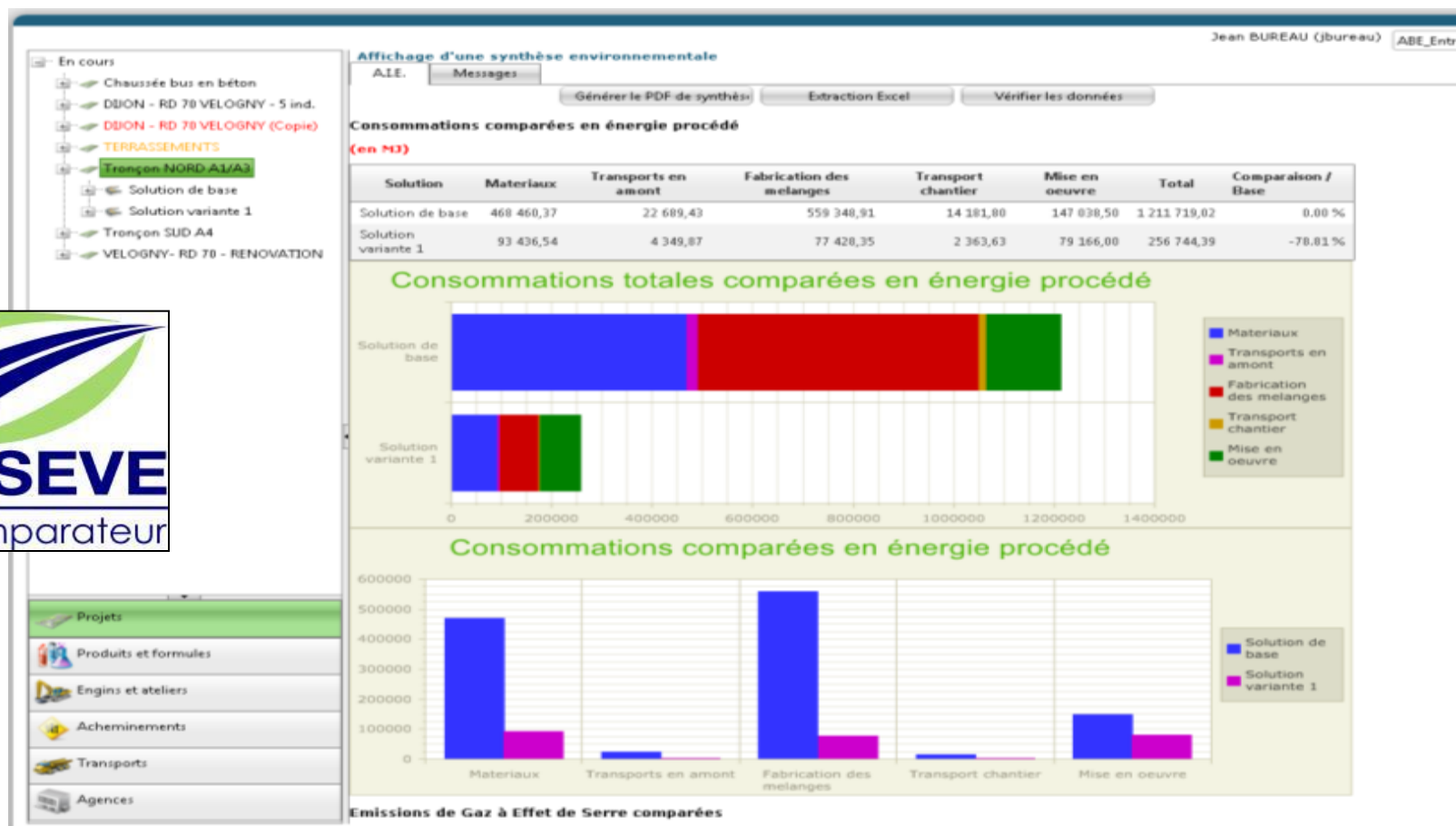


LES PERSPECTIVES

- Technique qui va se développer car elle répond parfaitement aux exigences sociétales et environnementales des années à venir (recyclage 100 %, technique « à froid » et « en place », peu énergivore).
- Possibilité, dans certains cas, de substitution du bitume par des liants de régénération d'origine végétale permettant de diminuer encore davantage l'impact carbone des chantiers (neutralité carbone).
- Combinaison avec des liants hydrauliques pour monter en gamme de trafic et assurer une cohésion encore plus rapide au jeune âge.



LES TECHNIQUES ROUTIÈRES À L'ÉMULSION : MOINS D'ÉMISSIONS DE GAZ À EFFETS DE SERRE, MOINS DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE, PLUS DE CONSOMMATION DE MATÉRIAUX RECYCLÉS ...





RETRAITEMENT AUX LIANTS HYDRAULIQUES



LE RETRAITEMENT DES CHAUSSÉES EN PLACE AUX LIANTS HYDRAULIQUES

Cette technique consiste à **incorporer** au matériau obtenu par fractionnement de l'ancienne chaussée, **un liant hydraulique (ciment ou liant hydraulique routier)**, de l'eau et à les mélanger intimement, in situ, jusqu'à l'obtention d'un matériau homogène et performant. On **réalise** ainsi, après réglage et compactage du matériau traité, **une nouvelle assise de chaussée** sur laquelle on applique :

- soit une couche de surface,
- soit d'autres couches de chaussée si la couche retraitée ne peut, à elle seule, supporter les sollicitations du trafic.





DOMAINE D'EMPLOI

- Technique de classe IV
- Renforcement structurel.
- Correction d'un défaut structurel (couches de surface, Couche de liaison, base ou fondation).
- Epaisseur 20 – 40 cm.
- Tous trafics.



PROPRIÉTÉS ET BÉNÉFICES DU RETRAITEMENT AUX LIANTS HYDRAULIQUES

- Durée de vie analogue aux solutions traditionnelles de reconstruction de chaussée (Méthode de dimensionnement rationnelle française),
- Possibilité d'homogénéiser une structure préalablement élargie,
- Reprise d'un profil en travers bombé,
- Redimensionnement de la structure de chaussée pour adaptation au nouveau trafic (Réhabilitation partielle ou totale des couches d'assise ou couche de forme),
- Amélioration possible de la **tenue au gel / dégel**,
- Travaux pouvant être réalisés **sous circulation**, et en particulier le trafic des riverains est maintenu,
- **Conservation des seuils** en traversée d'agglomération (Vigilance sur les réseaux enterrés).

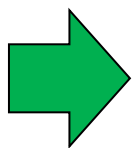


AVANTAGES

RETRAITEMENT Vs RENFORCEMENT

1. Sur le plan économique :

- Rapidité d'exécution : Rendement de 250 à 600 ml/jour (de 3 000 à 5 000 m²/j),
- Solution de **10% à 30% plus économique**,
- Economies indirectes (préservation du réseau routier avoisinant),
- Economie de transport de matériaux et élimination des nuisances associées (bruit; poussière; vibration; accidents)



≈ 25 k€ économie / km
(6 m large, 20% - cher)



AVANTAGES

RETRAITEMENT Vs RENFORCEMENT

2. Sur le plan environnemental :

- Réduction des Gaz à Effet de Serre (GES),
- Economies d'énergie et de carburant,
- Valorisation des matériaux et préservation des ressources non renouvelables,
- La route est un gisement de matériau, 100% valorisable,
- Réemploi sur place à 100% (Pas d'évacuation de matériaux).



AVANTAGES RETRAITEMENT Vs RENFORCEMENT

Retraitement des chaussées en place	
Quantité de liant	✓
Fabrication et transport du liant	✓
Mise en oeuvre couche retraitée	✓
Epaisseur couche retraitée	✓
Fabrication et transport mat. surface	✓
Mise en oeuvre mat. surface	✓
Résultat	

Technique routière : retraitement des chaussées en place vs renforcement

[Exports](#) 

Comparaison des deux méthodes

Retraitement des chaussées en place	Renforcement
Quantité de liant : Valeurs par défaut Matériau : Matériau compact ou traité	Décaissement : Valeurs par défaut Épaisseur de la couche à raboter : 10.0 cm Machine de rabotage : Caractéristiques par défaut
Fabrication et transport du liant : Valeurs par défaut ICV Liants : LHR L40 Moyen transport : Citerne liant 44t charge utile 31t Distance : 150.0 km Tarif : 110.0 €/t	Tarif du rabotage : 10.0 €/m ² Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t Distance : 70.0 km Tarif du transport : 0.1 €/t.km Tarif de mise en décharge : 50.0 €/t
Mise en oeuvre couche retraitée : Valeurs par défaut Tarif : 6.0 €/m ³ Matériau en place : Matériau compact ou traité	Fabrication et transport mat. base : Valeurs par défaut Type de matériaux : Grave bitume GB3 Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t
Epaisseur couche retraitée : 35.0cm	Distance : 40.0 km Tarif du matériau de base : 60.0 €/t
Fabrication et transport mat. surface : Valeurs par défaut Type de matériaux : Roche massive : BBSG 6 cm Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t Distance : 40.0 km Tarif rendu chantier : 70.0 €/t	Mise en oeuvre base : Valeurs par défaut Tarif : 115.0 €/m ³ Type de matériaux : Grave bitume
Mise en oeuvre mat. surface : Valeurs par défaut Tarif : 6.0 €/m ² Type de matériaux : BB ou BBSG 6 cm	Epaisseur couche de base : 13.0cm Fabrication et transport mat. surface : Valeurs par défaut Type de matériaux : Roche massive : BB 5 cm Moyen transport : Camion 44t charge utile 25t Distance : 40.0 km Tarif rendu chantier : 70.0 €/t
	Mise en oeuvre mat. surface : Valeurs par défaut Tarif : 6.0 €/m ² Type de matériaux : BB ou BBSG 5 cm

Renforcement	
Décaissement	✓
Fabrication et transport mat. base	✓
Mise en oeuvre base	✓
Epaisseur couche de base	✓
Fabrication et transport mat. surface	✓
Mise en oeuvre mat. surface	✓
Résultat	

Comparaison

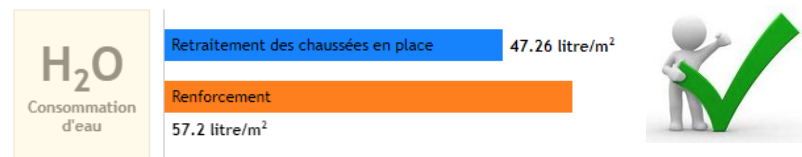
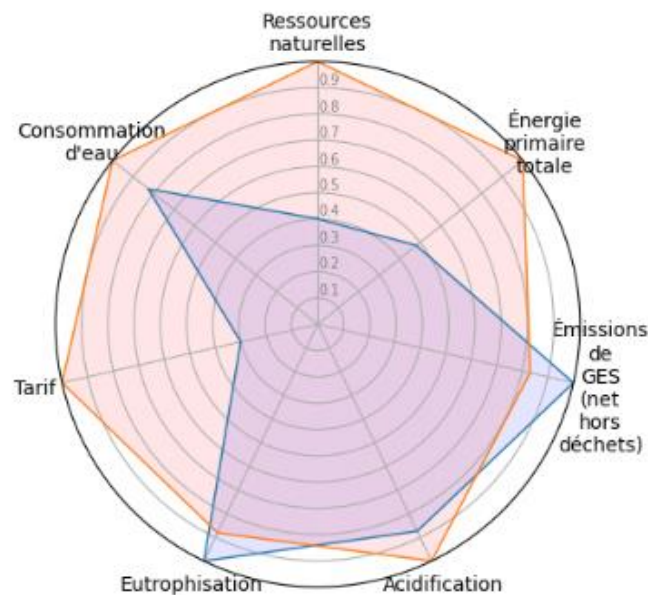
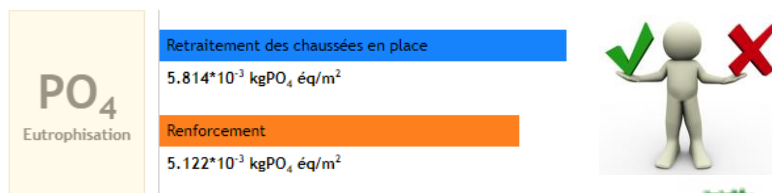
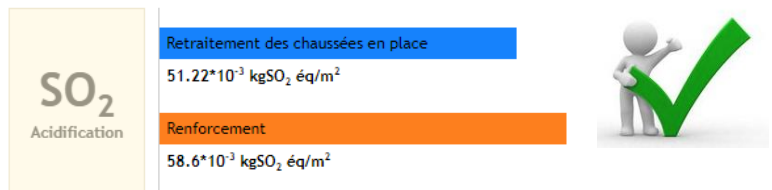
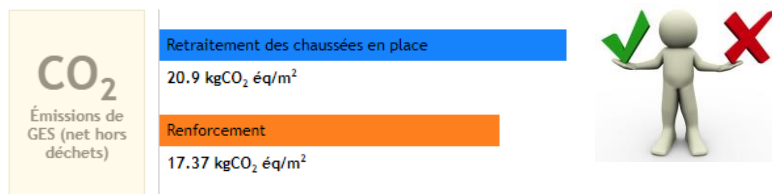
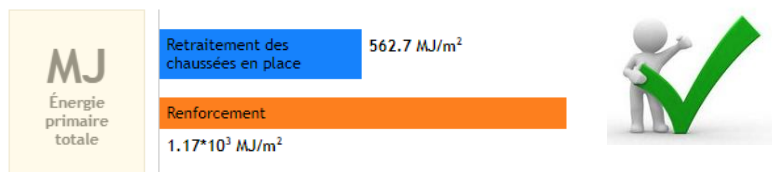
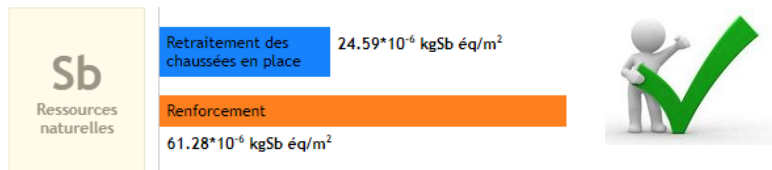
Hypothèses :

- Trafic T3
- Support PF2
- Durée de service 30 ans
- Taux accroissement 2%



AVANTAGES

RETRAITEMENT Vs RENFORCEMENT LHR L40



AVANTAGES

RETRAITEMENT Vs RENFORCEMENT **LHR S70**

Sb

Ressources naturelles

Retraitement des chaussées en place $24.43 \cdot 10^{-6}$ kgSb éq/m²

Renforcement

$61.28 \cdot 10^{-6}$ kgSb éq/m²



MJ

Énergie primaire totale

Retraitement des chaussées en place 539.9 MJ/m²

Renforcement

$1.17 \cdot 10^3$ MJ/m²



CO₂

Émissions de GES (net hors déchets)

Retraitement des chaussées en place

14.56 kgCO₂ éq/m²

Renforcement

17.37 kgCO₂ éq/m²



SO₂

Acidification

Retraitement des chaussées en place

$38.87 \cdot 10^{-3}$ kgSO₂ éq/m²

Renforcement

$58.6 \cdot 10^{-3}$ kgSO₂ éq/m²



PO₄

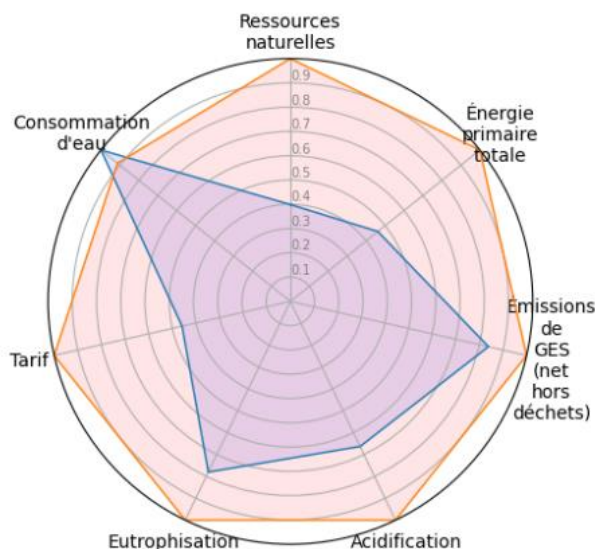
Eutrophisation

Retraitement des chaussées en place

$3.997 \cdot 10^{-3}$ kgPO₄ éq/m²

Renforcement

$5.122 \cdot 10^{-3}$ kgPO₄ éq/m²



H₂O

Consommation d'eau

Retraitement des chaussées en place

62.66 litre/m²

Renforcement

57.2 litre/m²



AVANTAGES **RETRAITEMENT Vs RENFORCEMENT**

3. Sur le plan sociétal :

- Moindre gêne de l'utilisateur :
 - Réduction des nuisances liées aux approvisionnements du chantier,
 - Réduction des délais d'intervention,
 - Accès riverains maintenus.

- Sécurité accrue (pas de décaissement).





MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT



MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT

Elle est définie dans la norme NF P 98 086 (Mai 2019) et dans le guide technique «Conception et dimensionnement des structures de chaussées, SETRA / LCPC; 1994». Elle consiste à :

- Evaluer les paramètres suivants :

- Le trafic cumulé,
- La portance du sol support,
- Les caractéristiques des matériaux et matériels envisagés.

Ces paramètres sont nécessaire pour réaliser le dimensionnement.

- Eventuellement, effectuer une vérification au gel /dégel.



LE TRAFIC CUMULÉ

- Rien de particulier pour le retraitement des chaussées, le trafic cumulé est calculé conformément à la norme NF P 98 086.

Trafic	Classe de trafic						
	T5	T4	T3		T2	T1	T0
			T3-	T3+			
TMJA PL/j/sens	1 - 25	26 - 50	51 - 85	86 - 150	151 - 300	301 - 750	> 750
TC PL/sens (10 ⁶)	TC1	TC2	TC3		TC4	TC5	TC6
	0,2.10 ⁶	0,5.10 ⁶	1,5.10 ⁶		2,5.10 ⁶	6,5.10 ⁶	> 17,5.10 ⁶
Niveau circulation	Trafic faible				Trafic Moyen		Trafic Fort

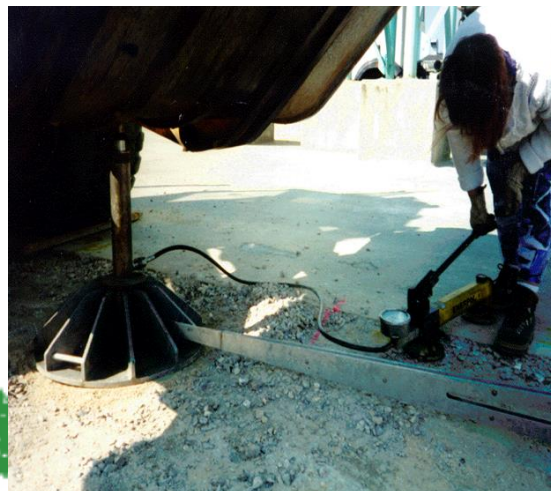
LA PORTANCE DU SOL SUPPORT

- En ce qui concerne le retraitement des chaussées, la portance du sol support est déterminée par « Rétro calcul ».
- Le rétro calcul est issu de la mesure du module EV2 sur la partie conservée de l'ancienne chaussée ou par une mesure de déflexion sur l'ancienne chaussée.

Défectographe



Essai à la Plaque



Dynaplaque



LES CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX ET MATÉRIELS ENVISAGÉS

- **Les caractéristiques des matériaux et matériels envisagés sont des prérequis pour dimensionner.**
- **Echantillonnage représentatif du corps des chaussées**
- **Critères de performances**
 - Caractérisation des matériaux : M1 ou M2
 - Qualité du retraitement : R1 ou R2



ECHANTILLONNAGE REPRÉSENTATIF DU CORPS DE CHAUSSÉES

Diagnostic en amont de la chaussée existante :

Etat mécanique de la chaussée

à établir en fonction :

Des archives

De relevés visuels

De mesures de portance
ou de déflexions.

Caractérisation du matériau:

Sondages et/ou carottages

Tranchées en travers





CRITÈRES DE PERFORMANCES

2 Niveaux de qualités des matériaux : M1 et M2.

- Un matériau **M1** doit satisfaire aux deux conditions :
 - Courbe granulométrique s'inscrivant dans le fuseau de la norme NF EN 13-285.
 - Propreté des matériaux ($VBs \leq 0,8$).
- Un matériau **M2** : si une des 2 conditions ci-dessus est non satisfaite.

2 Niveaux de qualité de retraitement : R1 et R2.

Dépendent du type d'épandeur (coef. LTV) et de malaxeur (coef. HEPIL) utilisés

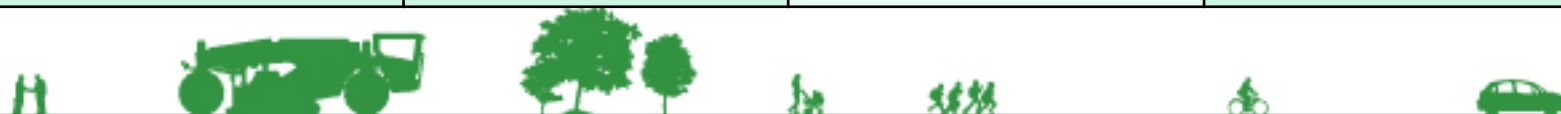


CRITÈRES DE PERFORMANCES DES MATÉRIELS

■ Niveaux de qualité de retraitement

- 2 niveaux de qualité de retraitement R1 (la meilleure) et R2
- Qualité R1 obligatoire pour couche de base et quand classe trafic > T3

Cas de chantier		Qualité	
Fonction de la couche retraitée	Classe de trafic	de retraitement	de compactage
Liaison ou base	$T > T_3$	R1	q_1
Liaison ou base	$T \leq T_3$	R1	q_2 (admise)
		R2 (admise)	q_1
Fondation	Tout trafic	R1	q_2
		R2 (admise)	



CRITÈRES DE PERFORMANCES DES MATÉRIELS DE RETRAITEMENT

- Coefficient **LTV** de qualification **des épandeurs**
 - **L** : Homogénéité **L**ongitudinale,
 - **T** : Homogénéité **T**ransversale,
 - **V** : Possibilité de faire **V**arier la largeur d'épandage.
- Coefficient **HEPIL** de qualification des **matériels de malaxage** :
 - **H** : **H**omogénéisation du matériau avec le ou les liants,
 - **E** : Maîtrise de l'**E**paisseur traitée,
 - **P** : **P**uissance du rotor,
 - **I** : Présence d'un dispositif d'**I**njection d'eau,
 - **L** : Dosage de Liant sous forme **L**iquide.
- 3 niveaux : Note 3, la meilleure et 1, la moins bonne.



CRITÈRES DE PERFORMANCES DES MATÉRIELS DE RETRAITEMENT

- Analyse multicritère des coefficients **HEPIL** et **LTV** pour un niveau de retraitement.

Matériels nécessaires pour obtenir
le niveau de qualité **R1** de retraitement.

		3	2	1
Malaxeur	H		seulement si T=3 et V=3	
	E			
	P			
	I			
	L			

Epandeur	L			
	T		seulement si H=3	
	V			

Compactage : qualité q_1 si $t > T3$ ou q_2 si $t \leq T3$

Emploi de compacteurs V 5 ou V 4 et P2

(voir V 3 suivant l'épaisseur compacté)



Accepté



Accepté sous conditions



Refusé

Matériels nécessaires pour obtenir
le niveau de qualité **R2** de retraitement.

		3	2	1
H	H			
	E			
	P			
	I			
	L			

L	L			
	T		seulement si H=3	
	V			

Compactage : qualité q_2

Emploi de compacteurs V 3 ou V 4 ou V 5 et P2

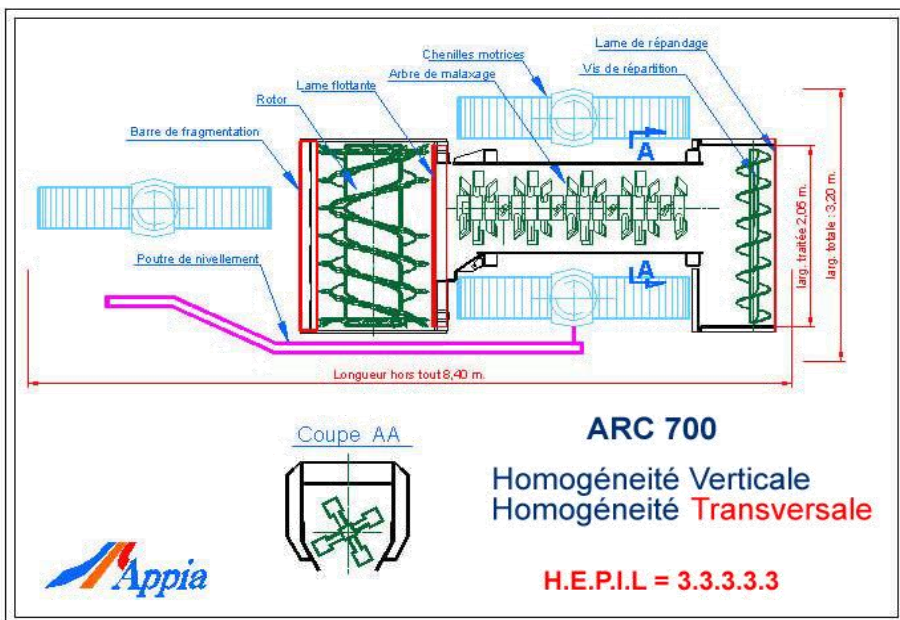
PULVIMIXEURS

- Comportant une fraise faisant office de malaxeur :
 - Malaxage uniquement vertical.
 - Exemple : RACO 350, CATERPILLAR SM-350, WR 2500 SK (HEPIL : 22333).



ATELIER DE RECONDITIONNEMENT

- Comportant une fraise et un malaxeur longitudinal séparés :
 - Malaxage vertical et dans le profil en travers.
 - Exemples : Arc 700 et ARC 1000 (LTV : 332, HEPIL : 33333), Wirtgen WR 4200 (HEPIL : 33333).



CRITÈRES DE PERFORMANCES DU MATÉRIEL DE COMPACTAGE

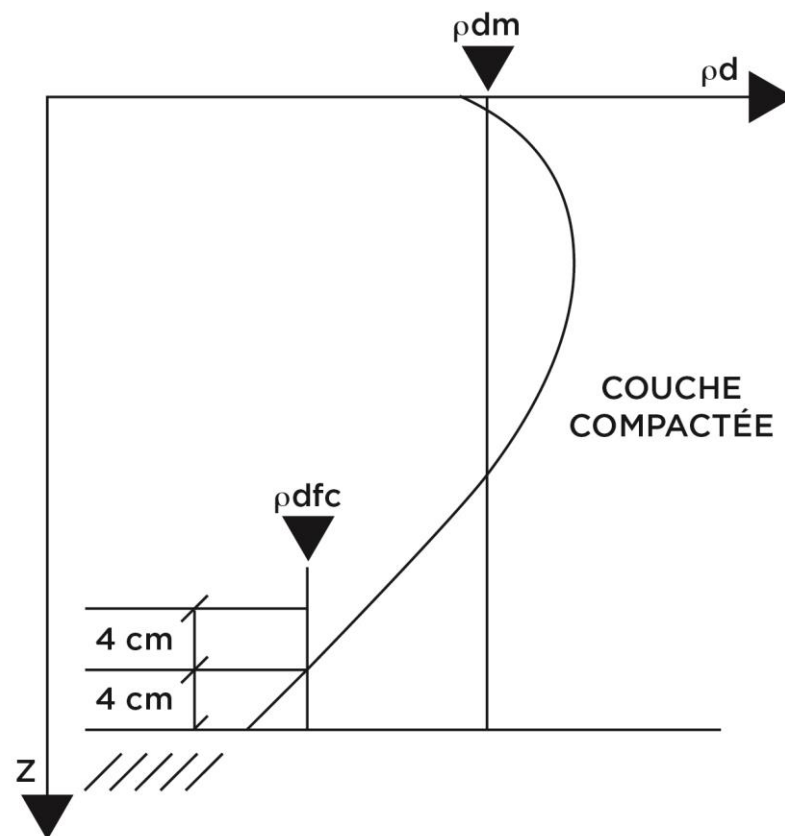
Niveau de compactage

■ Caractéristiques :

- Masse volumique moyenne : P_m
- Masse volumique fond de couche : P_{fdc}

■ Référence :

- Remblais, purges, PST : **OPN**
- couches de forme : **OPN**
- assises de chaussées : **OPM**



NIVEAU DU COMPACTAGE

Objectif Terrassements	Masse volumique moyenne ρ_m	Masse volumique fond de couche ρ_{fdc}	Observation
q4	$P_m = 95\% \cdot \rho_{OPN}$	$\rho_{fdc} = 92\% \cdot \rho_{OPN}$	Objectif Remblais, purgés, PST
q3	$P_m = 98,5\% \cdot \rho_{OPN}$	$\rho_{fdc} = 96\% \cdot \rho_{OPN}$	Objectif Couches de Forme

Objectif Assises	Masse volumique moyenne ρ_m	Masse volumique fond de couche ρ_{fdc}	Observation
q2	$P_m = 97\% \cdot \rho_{OPM}$	$\rho_{fdc} = 95\% \cdot \rho_{OPM}$	Objectif Fondation; Base si $T \leq 150 \text{ PL/j}$
q1	$P_m = 100\% \cdot \rho_{OPM}$	$P_{fdc} = 98\% \cdot \rho_{OPM}$	Objectif base si $T > 150 \text{ PL/j}$ et Couche de surface

CLÉS DU SUCCÈS D'UN CHANTIER DE RETRAITEMENT

Le secret de la réussite d'un chantier de retraitement, c'est l'homogénéité:

- Dosage en liant hydraulique,
- Eau,
- Epaisseur.





ÉTUDES TECHNIQUES





ÉTUDE DE FORMULATION

- **Routes à fort trafic : étude de formulation complète obligatoire.**
Pour ALIZE, nous avons besoin de :
 - Le module (mesuré à 60 j puis extrapolé à 360 j)
 - σ_6 : la contrainte de rupture à la fatigue à 1 million de cycles ($\sigma_6 = 0,72 R_{tb} 60 j$)
 - La qualité M1 ou M2
 - La qualité du retraitement R1 ou R2
- **Route à faible trafic : étude de formulation optionnelle**
→ **σ_6 et E** prédéfinis



ÉTUDE DE FORMULATION POUR ROUTES A TRAFIC > T₃

- Étude de formulation : **systématique** pour des trafics élevés > T₃
 - Analyse granulométrique et homogénéité des matériaux à retraiter.
 - Choix du liant hydraulique routier et du dosage.
 - Étude des performances mécaniques (R_t et E, pris en compte à 360 j) :
 - Essai Brésilien pour des mélanges allant jusqu'à 20% de matériaux bitumineux (R_t = 0,8 R_{tb}).
 - Essai de traction directe si plus de 20% de matériaux bitumineux.
 - Extrapolation des résultats obtenus à 28 jours (avec ciment) et à 60 jours (avec LHR).

Liant	Âge	R _t / R _{t360}	E _t / E _{t360}
LHR *	60 j	0,78	0,82

À défaut, pour tout autre liant, le coefficient de correspondance à appliquer sera de 1.

* Note d'information de l'IDRRIM N°30 janvier 2016

-

Cas de chantier Caractéristiques obtenues après abattement	Qualité de retraitement R1		Qualité de retraitement R2	
	Matériau M1	Matériau M2	Matériau M1	Matériau M2
Module E (MPa)	20 000	18 000	18 000	13 000
σ_6 (MPa) contrainte à 10 ⁶ cycles	0,70	0,55	0,55	0,35



DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES RETRAITÉES



DÉTERMINATION DE L'ÉPAISSEUR DE LA STRUCTURE RETRAITÉE

Extrait du «*Guide Technique Retraitement en place des anciennes chaussées*; SETRA / LCPC – 2003 »

Fiche : R1 M1			
Durée de vie = 20 ans ; accroissement trafic= 2%			
Portance support MPa \ Trafic en nombre de PL par sens	50	80	120
Trafic cumulé 0,74 à 1,3.10 ⁶ (de 85 à 150 PL/j/sens avec CAM = 0,8)	 6 30	 6 29	 6 25
Trafic cumulé 0,43 à 0,74.10 ⁶ (de 50 à 85 PL/j/sens avec CAM = 0,7)	 6 30	 6 28	 6 24
Trafic cumulé 0,22 à 0,43.10 ⁶ (de 25 à 50 PL/j/sens avec CAM = 0,5)	 4 30	 4 28	 4 25
Trafic cumulé 0 à 0,22.10 ⁶ (jusqu'à 25 PL/j/sens avec CAM = 0,4)	 4 29	 4 27	 4 24
CAM : coefficient d'agressivité moyen			

DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE DE ROULEMENT

■ Nature et épaisseur de la couche de roulement

Classe de trafic	Couche de roulement
T_4 à T_6	Enduit superficiel et ECF
T_3 et T_2	4 à 6 cm de BBSG
T_1	8 cm de BBSG (en 2 couches)

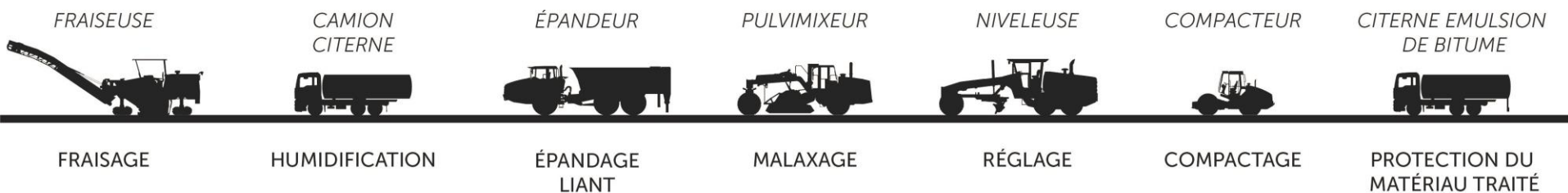




EXÉCUTION



EXÉCUTION



MATÉRIEL

Matériau existant dans l'ancienne chaussée

Scarification



Matériau existant



MATÉRIEL

Epandage liant



Malaxage en place



**Malaxage et humidification
du matériau par injection
d'eau sous la cloche**



Compactage



Protection



-





CONTRÔLES

■ Contrôles qualité

Il est réalisé en deux étapes :

- Durant l'exécution,
- À la fin des travaux.



CONTRÔLES DURANT L'EXÉCUTION

- Qualité et quantité des matériaux,
- Teneur en eau,
- Dosage du liant,
- Homogénéité du mélange : visuel,
- Compacité,
- Epaisseur retraitée.



CONTRÔLES DE QUALITÉ APRÈS L'EXÉCUTION

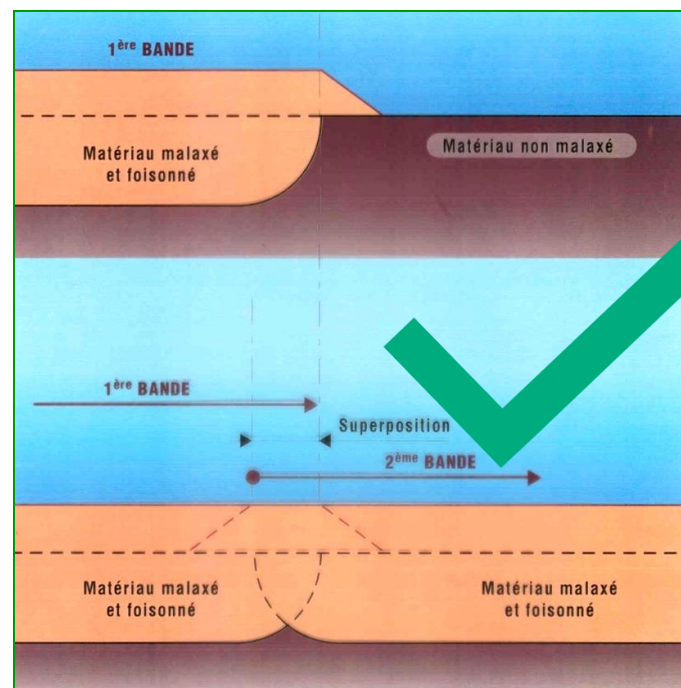
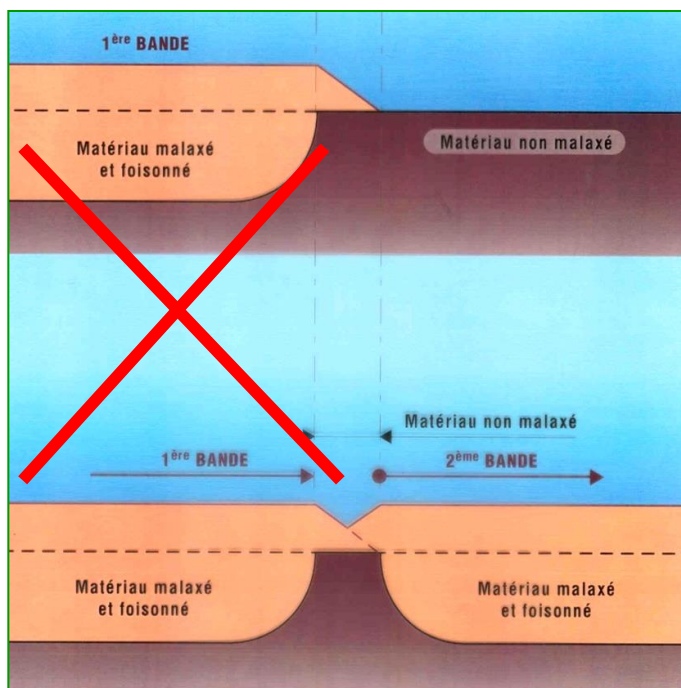
- Contrôle de l'homogénéité du retraitement à 7 jours par déflexion
- Critère de réception d'un matériau retraité : déflexion au plus à 28 jours.

Essai de déflexion



GESTION DES CONTRAINTES D'EXÉCUTION : LA RÉALITÉ DU TERRAIN

- **Recouvrement des bandes retraitées** : dans le cas de retraitement par plusieurs bandes dans le profil en travers, on s'assure d'un recouvrement des bandes de l'ordre de 10 cm



GESTION DES CONTRAINTES D'EXÉCUTION : LA RÉALITÉ DU TERRAIN

- Gestion des émergences dans les travaux urbains :
 - Solutions possibles de retraitement à proximité des obstacles (Bordures, regards...) :
 - Repérage des émergences,
 - Démontage ou enfouissement,
 - Retraitement,
 - Remontage des émergences,
 - Matériaux rapportés.



RETRAITEMENT MIXTE / LIANT COMPOSÉ



RETRAITEMENT LIANT COMPOSÉ

PRINCIPE - DÉFINITION



1 - Principe de la technique Objectifs et domaine d'emploi

1.1 - Historique - principe - définition

Historiquement, c'est dans le cadre d'études en laboratoire pour le retraitement en place au ciment de matériaux contenant une part importante de bitume que l'idée des liants composés semble être née.

Lors de ces études, il a été remarqué une chute importante du module en fonction de la part bitumineuse sans que la résistance en traction soit trop altérée. Ces caractéristiques ont été jugées suffisamment favorables au dimensionnement pour poursuivre les investigations.

C'est parce que cette part de bitume n'était pas maîtrisable, car dépendante de l'épaisseur de la couche hydrocarbonée de l'ancienne chaussée, que des émulsions compatibles avec le ciment ont été mises au point pour apporter un complément de liant par le biais d'une émulsion.

Sur les chantiers réalisés dans ces conditions, on constate qu'en apportant de l'émulsion on obtient un meilleur comportement à la fissuration des traitements aux liants hydrauliques. Inversement, on peut aussi dire qu'on apporte une amélioration du comportement mécanique des traitements à l'émulsion en ajoutant un liant hydraulique.

Issus de l'association d'un liant bitumineux (généralement sous forme d'émulsion) et d'un liant hydraulique tel que les ciments normalisés ou les liants hydrauliques routiers, ces liants sont appelés **liants composés**.

Les liants composés peuvent résulter de l'incorporation successive des deux constituants dans le corps granulaire ou être prêts à l'emploi par dilution préalable dans une unité spécifique.

C'est lors de l'étude de fondation, et avec une bonne connaissance des matériaux en place, que l'on choisit les liants composés.

Le retraitement en place aux liants composés correspond à la technique de classe V (tel que défini dans le chapitre 3 de la présentation du guide).

C'est une technique qui permet de résoudre des problèmes de déformations structurales ou de couches de surface.

L'exécution des travaux de retraitement en place aux liants composés intègre différentes opérations faisant appel à une ou plusieurs machines.

Le principe consiste à :

- fraiser le matériau à traiter (avec l'apport éventuel de matériaux correcteurs et/ou complémentaires) ;
- ajouter le liant composé, en humidifiant si nécessaire ;
- homogénéiser le matériau traité ;
- régler et compacter ;
- réaliser, dans la mesure des cas, un scellement de surface puis, suivant le trafic, une couche de roulement ou enduit superficiel ou en liant bitumineux.

Ces opérations peuvent être réalisées par une ou plusieurs machines.

Les conditions de réalisation de retraitement sont essentielles et conduisent à des qualités différentes. Il est important que le maître d'œuvre dans son dossier d'appel d'offre impose des caractéristiques de matériel en fonction de la qualité du traitement qu'il veut obtenir (ou a retenu dans son étude de dimensionnement).



Chaussée avant retraitement

Combiner les avantages :

- Des liants hydrauliques
- Du bitume
- De la **chaussée existante** (enduits, enrobés)
- Apporter par des **agrégats d'enrobés recyclés**
- Complété si besoin par une **émulsion bitumineuse** spécifique

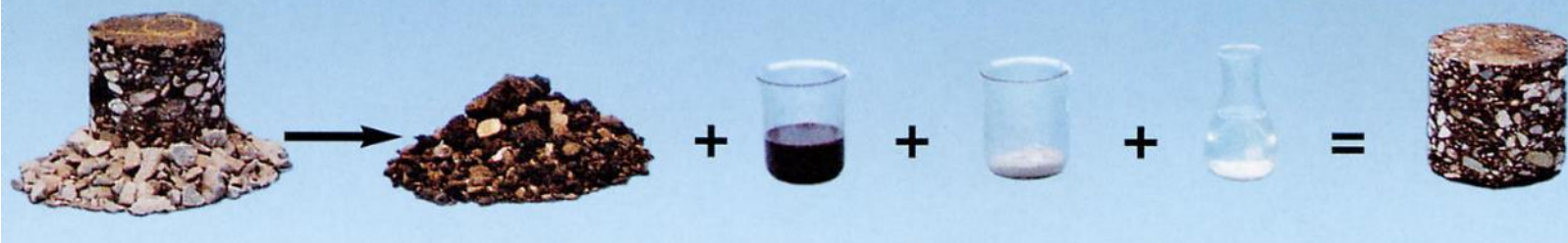
- ➔ Résistance et ductilité
- ➔ Résilience climatique ?



RETRAITEMENT LIANT COMPOSÉ

PRINCIPE - DÉFINITION

Les matériaux utilisés lors du recyclage de matériaux routiers existants à l'aide d'une émulsion et de ciment



Ancienne
Chaussée

Structure
Décohésionnée

Emulsion
Bitumineuse

Ciment

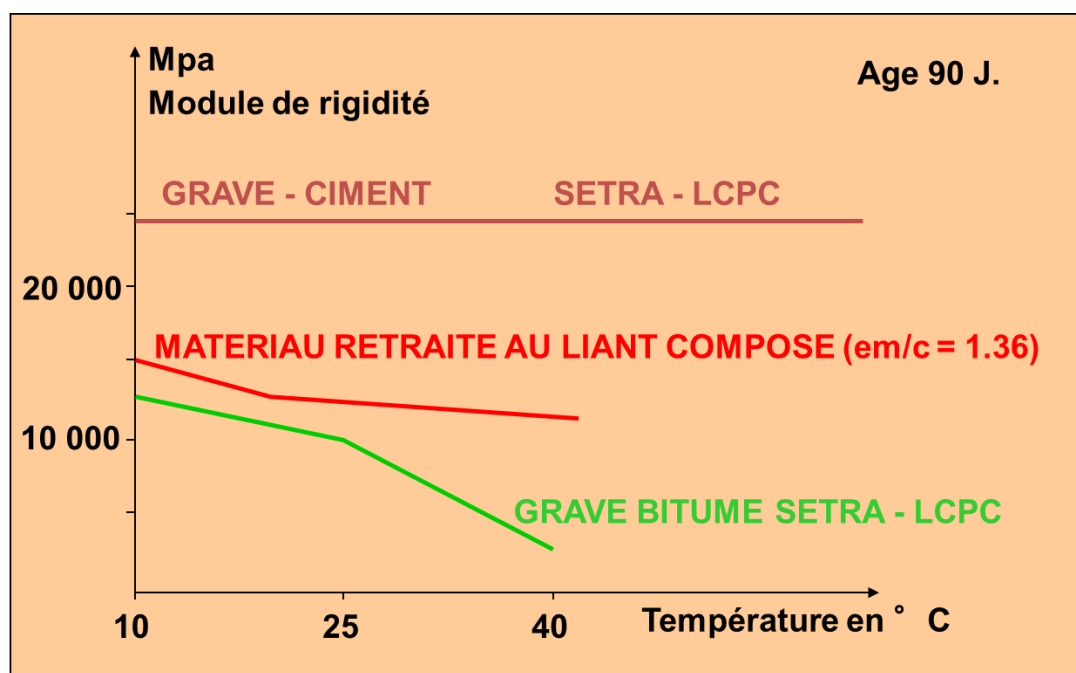
Eau

Couche de
Base de
haute
qualité



OBJECTIF

- Matériau à « plus faible module » (8 000 à 15 000 MPa).
- Matériau à capacité de déformation suffisante.



- Adaptation aux portances du sol, risques de fissuration nuls.



DOMAINE D'EMPLOI

Technique de classe V

Renforcement structurel.

Correction d'un défaut des couches de surface.

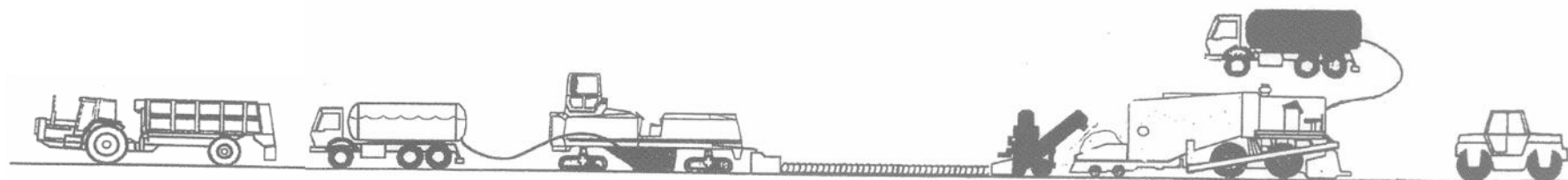
Couche de liaison, base ou fondation.

Epaisseur 10 à 15 cm jusqu'à 30 cm.

Tous trafics.



MISE EN ŒUVRE - MATÉRIEL



Épandage
de liant

Apport d'eau

Fragmentation
Humidification

Apport
d'émulsion

Compacteur

Malaxage

Réglage

Pré compactage

- Qualité de retraitement R1
- Qualité de compactage q1



MISE EN ŒUVRE - MATÉRIEL

PULVIMIXEUR : engin Comportant une fraise faisant office de malaxeur :

- Malaxage uniquement vertical.
- Exemple : RACO 350, CATERPILLAR SM-350, WR 2500 SK (HEPIL : 22333).



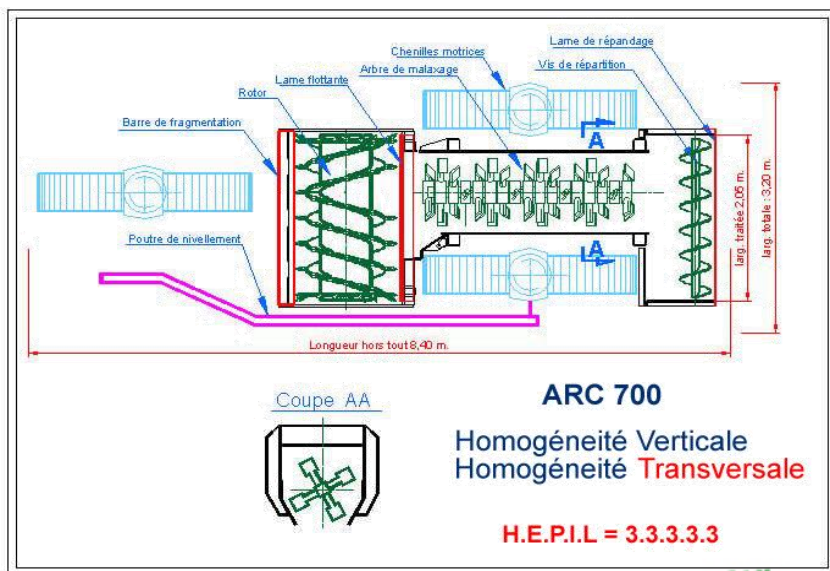
MISE EN ŒUVRE - MATÉRIEL

Atelier de reconditionnement : engin comportant une fraise et un malaxeur longitudinal séparés :

Malaxage vertical et dans le profil en travers.

Exemples : ARC 700 / ARC 1000, (LTV : 332, HEPIL : 33333).

Wirtgen WR 4200 (HEPIL : 33333) en location





AVANTAGES / INTÉRÊTS

- Rigidité comprise entre celle d'un enrobé à module élevé et d'un béton bitumineux.
- Insensibilité à l'orniérage.
- Performances mécaniques « modulables ».
- Risque de fissuration quasiment nul.

Point-clé : Emulsion / Ciment



EXEMPLE DE CHANTIER

Rd 748 – la chapelle st-laurent (79), 2015

Maitre d'Ouvrage : Conseil Général des Deux-Sèvres

Trafic estimé : 195 PL/j (TC4)

Structure existante : enrobé / GNT / sol support

Etude de formulation : $\sigma_6 = 0,60 \text{ MPa}$; $E = 9100 \text{ MPa}$

Dosage retraitement : 4,5% LHR + 1,5% émulsion



Structure RD 748 La Chapelle St Laurent

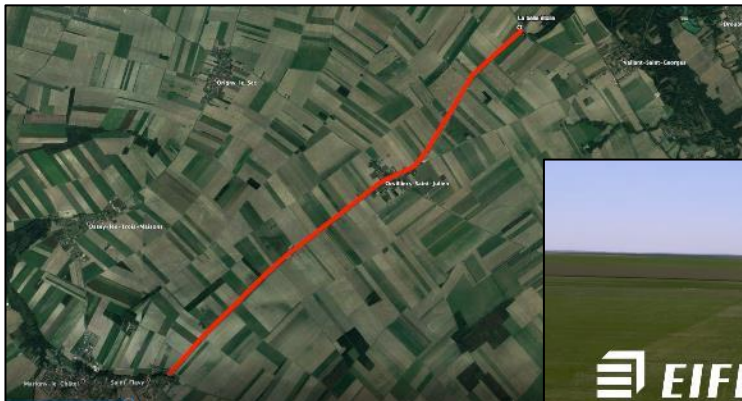


Compacteur Monobille



EXEMPLE DE CHANTIER

RD7 - St Flavy (CD 10 Aube) – EIFFAGE - 2019





BILAN

- Technique intéressante
- Procédés spéciaux
- Besoins en matériel spécifique
- Avantages du retraitement en place
- Développement encore faible



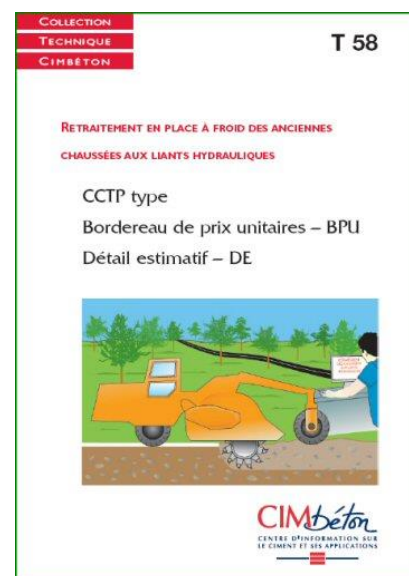
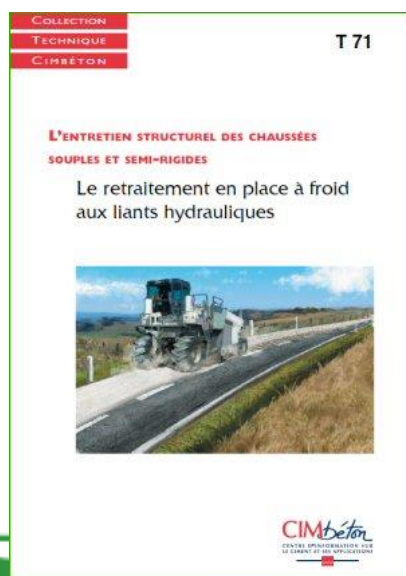
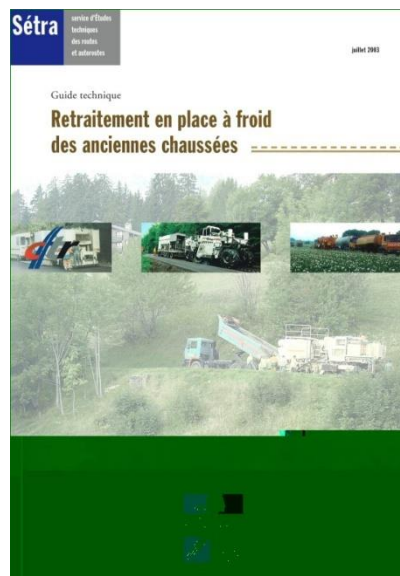


BIBLIOGRAPHIE



BIBLIOGRAPHIE

- *Guide Technique Retraitement en place des anciennes chaussées* – SETRA/LCPC – 2003.
- *L'entretien structural des chaussées souples et semi-rigides – Le Retraitement en place à froid aux liants hydrauliques* – CIMENTON, 2014.
- *Retraitement en place à froid des anciennes chaussées aux liants hydrauliques – CCTP-Type*, CIMENTON, 2008.
- **Note d'information IDRRIM « Entretien des chaussées routières : optimiser le coût global ».**



BIBLIOGRAPHIE

www.infociments.fr

<https://www.infociments.fr/calculateur-perceval>



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

