

LE RETRAITEMENT DES CHAUSSÉES EN PLACE À FROID AUX LIANTS HYDRAULIQUES ROUTIERS

Introduction & sommaire

Le retraitement des chaussées en place à froid aux liants hydrauliques routiers est une technique d'entretien structurel. Celle-ci consiste à valoriser les matériaux de la chaussée existante pour créer une structure homogène capable de supporter les sollicitations du trafic. L'ancienne chaussée est ainsi considérée comme un gisement de granulats et non comme un déchet.

Ce procédé se déroule selon le processus suivant :

- > La scarification de la chaussée existante Page 2
- > L'ajout éventuel d'un correcteur granulométrique Page 2
- > L'humidification du matériau Page 2
- > L'épandage du liant hydraulique Page 3
- > Le malaxage Page 6
- > Le compactage Page 8
- > La protection du matériau retraité Page 10
- > Les prescriptions relatives à un chantier de retraitement Page 10

La scarification de la chaussée existante

L'objectif de cette opération est de transformer le corps compact de la chaussée en un matériau granulaire 0/D, avec $D \leq 63$ mm. Pour y parvenir, on choisit un matériel spécifique tenant compte de la nature du matériau utilisé dans la confection de l'ancienne chaussée :

- > Pour une assise de chaussée en grave non traitée élaborée ou en grave-liant hydraulique ou en grave-bitume, on utilise de préférence une **fraiseuse** qui présente l'avantage de produire un matériau de faible granulométrie comprise entre 0/20 et 0/31,5, directement acceptable par les machines de traitement,
- > Pour une assise de chaussée en matériau non lié (macadam ou hérisson), on procède en deux étapes :
 - Le **défonçage** de la chaussée à l'aide d'un **ripper** ou d'une **pelle mécanique**, éventuellement d'un **brise-roche** qui produit un mélange constitué de plaques d'enrobés de tailles variables et de matériau pulvérulent 0/D, avec $D \geq 80$ mm,
 - Le **concassage** de ce mélange à l'aide d'un **concasseur mobile** qui va réduire les éléments constitutifs du mélange jusqu'à l'obtention d'un matériau 0/D, avec $D \leq 63$ mm, acceptable par les machines de traitement. ■

L'ajout éventuel d'un correcteur granulométrique

Cette opération peut être réalisée lorsque la courbe granulométrique du matériau de la chaussée existante n'est pas inscrite dans le fuseau de la norme NF EN 13-285. Cette correction granulométrique permet d'obtenir une bonne densification du matériau retraité et une optimisation du dosage en liant hydraulique. ■

L'humidification du matériau

Cette opération doit être menée d'une façon bien définie et précise afin de conférer au matériau une teneur en eau correspondant à l'optimum Proctor modifié. ■

L'épandage

1 • Introduction

L'objectif de cette opération est d'épandre le liant hydraulique routier à la surface de l'ancienne chaussée, d'une façon homogène (transversalement et longitudinalement) et précise, de manière que la quantité de liant épandue au mètre carré de chaussée corresponde bien (au coefficient de variation près de la méthode d'épandage) à celle définie dans l'étude de formulation.

2 • Épandage du liant

2.1 / Généralités

L'épandage peut parfois être réalisé manuellement sur le sol préalablement quadrillé, chaque carré définissant la surface sur laquelle un sac complet doit être épandu. Cette solution est techniquement acceptable, mais elle n'est économiquement envisageable que pour des chantiers de petite taille et d'accès difficile.

Dès lors, la livraison de liant pour le retraitement des chaussées se fait systématiquement en vrac et l'apport peut s'effectuer de trois manières différentes :

- > Par apport de liant pulvérulent à la surface de la chaussée à l'aide d'un épandeur, devant la machine de fragmentation.
- > Par apport de liant pulvérulent à l'aide d'une trémie installée sur la machine multifonction, immédiatement devant le rotor de fragmentation.
- > Par introduction du liant sous forme de suspension (eau + liant hydraulique), préparée dans un mélangeur mobile et injectée directement par une rampe soit dans la chambre du rotor de fragmentation, soit dans la chambre de malaxage de la machine multifonction. Dans ce cas, la quantité d'eau est contrôlée par un débitmètre, celle de liant hydraulique de manière pondérale et la suspension par une pompe volumétrique.

En règle générale, l'épandage est réalisé à l'aide d'un matériel spécifique : l'épandeur.

2.2 / Les épandeurs

2.2.1 / Description

Les premiers épandeurs proposaient un dosage simple par unité de temps. La quantité de liant épandue dépendait donc de la vitesse d'avancement, elle-même fixée par le conducteur de l'épandeur.

Étant donné le manque de précision, une deuxième génération d'épandeurs a fait son apparition et dispose d'un système de dosage asservi à la vitesse d'avancement de l'engin, ce qui permet de définir au préalable la quantité de liant épandue au mètre carré. Il existe des épandeurs à dosage pondéral (de moins en moins utilisés), où la vidange du liant est assurée par l'intermédiaire d'une vis d'extraction et contrôlée par un dispositif de pesage. On leur préfère aujourd'hui les épandeurs à dosage volumétrique, où la vidange du liant est effectuée par voie pneumatique, gravitaire ou par fluidisation.

Pour les machines les plus modernes, le système de dosage volumétrique est pourvu d'une trémie de pesage, permettant un réglage encore plus précis de la quantité de liant épandue au mètre carré et donnant un mélange correspondant de mieux en mieux aux exigences fixées en matière d'homogénéité et de performances mécaniques.

En outre, pour améliorer la précision du dosage, les options suivantes sont disponibles sur les épandeurs :

- > Un système de marquage permettant au conducteur de garantir un bon parallélisme des épandages « bord contre bord » ou, mieux encore, avec un chevauchement d'une dizaine de centimètres.
- > Une largeur d'épandage variable afin d'éviter le chevauchement trop important des bandes, lorsque la largeur de la surface à traiter n'est pas un multiple exact de la largeur de l'épandeur.
- > Une alarme s'enclenchant lorsque la trémie est presque vide.
- > Un dispositif enregistrant la vitesse d'avancement de la machine et de rotation du tambour de mélange ainsi que les paramètres d'étalonnage et les quantités de produit épandues. Cela permet de réduire les contrôles manuels et d'augmenter la fiabilité générale.



↑ Épandage manuel du liant.



↑ Épandeur.



↑ Atelier de retraitement avec épandeur de liant intégré.



↗ Contrôle de l'épandage à la bêche.



Le retraitement des chaussées en place hydrauliques routiers

↗ Contrôle de l'épandage au bac.

2.2.2 / Critères de performances

Les performances d'un épandeur se jugent par sa capacité à répartir le liant d'une façon homogène et précise, tant longitudinalement que transversalement. La qualité du dosage surfacique est appréciée par un **coefficient de variation du dosage longitudinal (CVL) et transversal (CVT)**. Ces coefficients sont fournis par les fabricants de ce type de matériel, mais peuvent être contrôlés sur chantier, pendant la mise en œuvre. On procède alors de la manière suivante :

- > Des bacs métalliques de dimensions 0,50 x 0,50 m ou des bâches en caoutchouc de dimensions 1 x 1 m sont disposés selon un maillage précis sur la chaussée à retraiter, avant le passage de l'épandeur.
- > Le liant déposé dans les bacs ou sur les bâches, pendant le passage de l'épandeur, est pesé.
- > Le CVL est obtenu en effectuant le **rapport entre l'écart-type et la moyenne de trente pesées représentatives** d'une vidange complète de l'épandeur.
- > Le CVT est obtenu en effectuant le **rapport entre l'écart-type et la moyenne des mesures relevées sur trois profils en travers**, les bacs ou les bâches étant posés de manière jointive sur chacun des profils.
- > L'**exactitude** est définie par l'écart entre valeur moyenne épandue et valeur visée. Compte tenu de la présence sur le marché d'une grande variété de matériels d'épandage – aux performances plus ou moins bonnes en matière de précision et d'homogénéité –, une classification s'impose.

Trois critères de qualification, notés de 1 à 3 (par ordre croissant de qualité), caractérisent les performances des épandeurs :

- > **L** : l'homogénéité longitudinale de l'épandage du liant (en %).
- > **T** : l'homogénéité transversale de l'épandage du liant (en %).
- > **V** : la possibilité de faire varier la largeur d'épandage pour s'adapter à la largeur de travail imposée par la géométrie du chantier ou par la machine de fragmentation, en évitant ainsi de créer des zones sous-dosées ou surdosées en liant.

Dès lors, l'homogénéité de l'épandage s'exprime par un coefficient de variation longitudinale (CVL) et par un coefficient de variation transversale (CVT).

Le tableau ci-après donne les critères de performances et de qualification des épandeurs.

CRITÈRES DE PERFORMANCES ET DE QUALIFICATION DES ÉPANDEURS			
VALEUR DU CRITÈRE	3	2	1
Homogénéité longitudinale L	CVL ≤ 5 %	5 % < CVL ≤ 10 %	CVL > 10 %
Homogénéité transversale T	CVT ≤ 10 %	10 % < CVT ≤ 20 %	CVT > 20 %
Variation de la largeur de l'épandage V	OUI	NON	NON

2.2.3 / Exemple d'application

Cet exemple a pour but de déterminer, à partir des pesées du liant obtenues lors du contrôle d'épandage, la valeur du coefficient de variation longitudinale (CVL) et l'exactitude d'épandage. Les caractéristiques liées à ce chantier sont :

- > Dosage en liant hydraulique routier visé : $d = 6 \%$, soit une quantité de liant visée au mètre carré $qv = 46,1 \text{ kg/m}^2$.
- > Résultat des pesées le long du profil longitudinal (*cf. tableau ci-contre*).

N°	Masse (kg/m²)	N°	Masse (kg/m²)
1	40,000	11	42,000
2	41,000	12	42,800
3	53,200	13	46,800
4	45,400	14	44,200
5	44,200	15	51,000
6	46,800	16	54,200
7	43,600	17	54,000
8	45,400	18	42,200
9	45,000	19	47,400
10	53,200	20	45,600

• Calcul de la moyenne des pesées

À partir de l'ensemble des mesures effectuées (20 unités), on calcule la moyenne des pesées « X_m ».

$$X_m = \sum_{i=1}^{20} x_i$$

$$X_m = (40 + 41 + 53,2 + 45,4 + 44,2 + 46,8 + 43,6 + 45,4 + 45 + 53,2 + 42 + 42,8 + 46,8 + 44,2 + 51 + 54,2 + 54 + 42,2 + 47,4 + 45,6)$$

$$X_m = 46,4 \text{ kg/m}^2$$

• Calcul de l'écart-type

On calcule l'écart-type « σ » à l'aide de la formule :

avec « x_i » : ième valeur de la série ; « n » : nombre des éléments de la série.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} [x_i - x_m]^2}{n}}$$

$$\sigma = \{[(40 - 46,4)^2 + (41 - 46,4)^2 + (53,2 - 46,4)^2 + (45,4 - 46,4)^2 + (44,2 - 46,4)^2 + (46,8 - 46,4)^2 + (43,6 - 46,4)^2 + (45,4 - 46,4)^2 + (45 - 46,4)^2 + (53,2 - 46,4)^2 + (42 - 46,4)^2 + (42,8 - 46,4)^2 + (46,8 - 46,4)^2 + (44,2 - 46,4)^2 + (51 - 46,4)^2 + (54,2 - 46,4)^2 + (54 - 46,4)^2 + (42,2 - 46,4)^2 + (47,4 - 46,4)^2 + (45,6 - 46,4)^2] \cdot 1/20\}^{1/2}$$

$$\sigma = [(40,96 + 29,16 + 46,24 + 1 + 4,84 + 0,16 + 7,84 + 1 + 1,96 + 46,24 + 19,36 + 12,96 + 0,16 + 4,84 + 21,16 + 60,84 + 57,76 + 17,64 + 1 + 0,64) \cdot 1/20]^{1/2}$$

$$\sigma = (375,76 \times 1/20)^{1/2}$$

$$\sigma = 4,33$$

• Calcul du coefficient de variation longitudinale

Des valeurs de X_m et de σ , on déduit le coefficient de variation longitudinale par l'équation :

$$CVL = (\sigma / X_m) \times 100$$

$$CVL = (4,33 / 46,4) \times 100 = 9,33 \%$$

• Calcul de l'exactitude

L'exactitude E est l'écart entre valeur moyenne échantillonnée et valeur visée.

$$E = X_m - q_v$$

$$E = 46,4 - 46,1$$

$$E = 0,3 \text{ kg/m}^2$$

■

Le malaxage

1 • Introduction

L'objectif de cette opération est de mélanger intimement *in situ* et à froid les matériaux obtenus par fragmentation de l'ancienne chaussée. Ceux-ci sont éventuellement modifiés par l'ajout d'un correcteur granulométrique et humidifiés, avec le liant épandu en surface, afin d'obtenir, après prise et durcissement, un mélange homogène présentant des caractéristiques mécaniques élevées. Dans le cas où le matériau est à forte teneur en argile, le traitement au liant hydraulique est précédé par un traitement à la chaux. L'opération de traitement est conduite à l'aide d'un matériel spécifique : le malaxeur-pulvérisateur.



↑ Aspect matériau après malaxage.

2 • Le malaxage

2.1 / Généralités

C'est grâce aux progrès technologiques du matériel de malaxage que le retraitement en place des chaussées a pu se développer. Utilisés pour la stabilisation des sols, les malaxeurs-pulvérisateurs ou « pulvimixeurs » ont été adaptés pour être employés pour le retraitement des chaussées en place.

Pour effectuer le malaxage du matériau de l'ancienne chaussée avec le liant épandu à sa surface, il existe plusieurs types de matériels. On peut citer à cet égard :

- > **Le matériel tracté** pour le retraitement en place de routes à faible trafic.
- > **Les pulvérisateurs** : un matériel spécifique ou dédié au malaxage en place, performant, quelle que soit la nature du matériau de l'ancienne chaussée (y compris les matériaux traités). Il assure le décohesionnement de l'ancienne chaussée, la fragmentation du matériau existant et le malaxage en une seule passe.
- > **Le matériel de reconditionnement des chaussées** : un matériel spécifique, de conception récente et intégrant, en un seul bloc, toutes les opérations de retraitement des anciennes chaussées qui sont effectuées en continu, sans intervention manuelle, depuis le défonçage de la chaussée jusqu'au compactage. Ce matériel, doté d'un malaxeur longitudinal, permet d'obtenir une bonne homogénéité transversale du matériau retraité.



↑ Malaxeur tracté.

2.2 / Les malaxeurs

2.2.1 / Description

Ces engins à tambour horizontal sont des machines composées essentiellement d'une chambre de malaxage et d'un tambour de fragmentation, dont l'axe horizontal est perpendiculaire à la direction du déplacement. Le tambour rotatif est muni d'un nombre important de dents de découpe spéciales (fraises), pouvant être rapidement et facilement changées en cas d'usure. Il est actionné hydrauliquement ou mécaniquement. Des vérins hydrauliques le plaquent contre la surface de la chaussée et l'enfoncent progressivement dans le revêtement jusqu'à la profondeur requise.

Ce tambour est recouvert par la chambre de malaxage. La durée du malaxage – et, donc, de la présence du matériau dans la chambre – dépend de la vitesse d'avancement.

Ces pulvérisateurs-mélangeurs ont évolué au cours des années et sont devenus aujourd'hui des outils de recyclage spécialisés. Ils sont conçus pour retraiter, en un passage, des revêtements d'une épaisseur atteignant 45 cm. Il s'agit donc de machines ultra-puissantes, équipées de pneumatiques ou de chenilles. Elles peuvent peser jusqu'à 30 tonnes, ce qui les empêche de se soulever lors du fraisage.

La fraise tourne en sens inverse de l'avancement de la machine. Les dents arrachent donc le matériau vers le haut : celui-ci est décohesionné et projeté contre une barre ou une plaque, ce qui accentue la fragmentation ou la pulvérisation. La machine ramène le matériau ou le mélange et le dispose en un cordon central, lequel est ensuite étalé à la niveleuse.



↑ Malaxeur dédié.



↑ Atelier de retraitement ARC 1000 en action.



↑ Détail du rotor du malaxeur.

Ces machines sont capables de restituer un matériau à faible mouture et d'une grande homogénéité. La position du rotor est ajustable en hauteur.

Durant le mélange et si nécessaire, de l'eau peut être introduite suivant un dosage précis. De plus, plutôt que d'épandre le liant sous forme de poudre, comme décrit plus haut, une pâte liquide (coulis) formée d'eau et de ciment peut être injectée directement dans la chambre de malaxage, évitant ainsi la production de poussière.

En France, des entreprises ont développé des ateliers de retraitement (ARC ou équivalent). ARC est l'acronyme d'« atelier de reconditionnement de chaussées ». Il s'agit en effet d'un atelier intégrant toutes les opérations et pouvant les exécuter en un passage. Un des grands avantages de cette machine est la présence de deux rotors : le malaxage se fait aussi bien transversalement que verticalement, ce qui donne un produit fini particulièrement homogène.

2.2.2 / Critères de performances

Quatre critères de qualification, notés (par ordre croissant de qualité) de 1 à 3, définissent les performances de ces matériels :

- **H** : la qualité d'Homogénéisation du mélange, suivant que le matériel dispose ou non d'un malaxeur associé au rotor de fraisage.
- **E** : la maîtrise de l'Épaisseur de retraitement de la chaussée.
- **P** : la Puissance disponible pour fragmenter l'ancienne chaussée.
- **I** : la présence d'un dispositif d'Injection d'eau.

Suivant les machines, un cinquième critère peut être introduit :

- **L** : la possibilité de doser un liant sous forme Liquide (eau + liant hydraulique).

Dès lors, la qualité du malaxage s'exprime en fonction de l'étendue de l'homogénéisation (sommaire, verticale, transversale), du coefficient de variation de l'épaisseur de matériau traité (C_{VE}), du niveau de puissance de la machine pour fragmenter l'ancienne chaussée, de la disponibilité ou non d'un dispositif d'injection d'eau et des asservissements associés et, enfin, de la disponibilité ou non d'un dispositif de dosage du liant sous forme liquide et des asservissements associés.

Le tableau 1 donne les critères de performances et de qualification des matériels de retraitement. ■

CRITÈRES DE PERFORMANCES ET DE QUALIFICATION DES MATÉRIELS DE RETRAITEMENT				
VALEUR DU CRITÈRE		NOTE		
		3	2	1
H	Homogénéité du matériau avec le liant	Homogénéisation verticale et transversale (malaxeur associé)	Homogénéisation verticale uniquement	Homogénéisation sommaire
E	Coefficient de variation de l'épaisseur en %	$C_{VE} \leq 5$ avec une fonction de maintien à la profondeur	$C_{VE} \leq 5$	$C_{VE} > 5$
P	Puissance disponible par mètre linéaire de rotor de fraisage	$P > 70$ kW	$35 < P \leq 70$ kW	$P \leq 35$ kW
I	Possibilité d'injecter l'eau dans la chambre de malaxage ou de fragmentation	Asservissement à la translation Rampe de largeur variable	$5\% < CVL \leq 10\%$	$CVL > 10\%$
L	Dosage du liant sous forme liquide	Asservissement à la translation et pesée des constituants	Asservissement à la translation	Sans asservissement



↑ Atelier de compactage.

Le compactage des couches d'assise de chaussée

1 • Le compactage

Le compactage est une opération qui consiste à réduire les vides contenus dans un matériau foisonné afin d'augmenter sa cohésion et par conséquent d'assurer la stabilité de l'ouvrage dans le temps. Il est réalisé soit au moyen de compacteurs statiques (à pneus ou à pieds dameurs) qui agissent uniquement par leur poids, soit à l'aide de compacteurs vibrants (à bille lisse ou à pieds dameurs) qui agissent par leur poids et par la vibration (amplitude et fréquence) qu'ils génèrent, soit au moyen des deux types de compacteurs. En fonction de la nature des matériaux et de l'objectif de compacité recherché, on détermine le type de compacteur (avec sa vitesse et le nombre de passes) et l'épaisseur maximale de la couche à compacter.

Plus concrètement, un compacteur vibrant lourd est utilisé pour assurer la densification du matériau en fond de couche ; un compacteur à cylindre lisse assure la densification du matériau à la partie supérieure de la couche ; et, enfin, un compacteur à pneus permet la bonne fermeture du matériau en surface et garantit ainsi une bonne finition.

Les défauts de compactage peuvent se traduire par des fissures, des flashes, des glissements, des tassements différentiels, dont la rapidité d'apparition dépend de l'importance des anomalies. Par conséquent, l'opération de compactage des matériaux est encadrée par un objectif fixé en termes de taux de compactage à atteindre par rapport à une valeur de référence, déterminée en laboratoire à l'aide de l'essai Proctor.

2 • Les objectifs du compactage

On distingue classiquement 5 objectifs de compactage des matériaux :

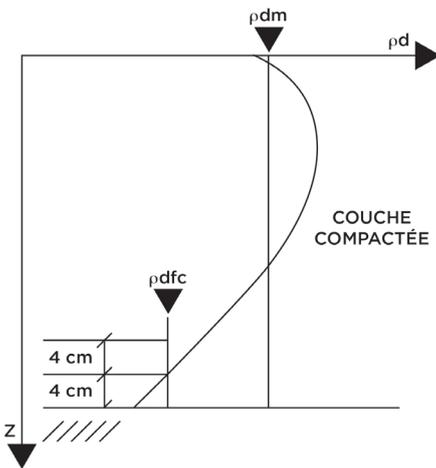
2.1 / Objectifs relatifs aux travaux de compactage dans les terrassements routiers

Ils sont au nombre de trois :

- Objectif q5 : objectif fixé pour un enrobage de canalisation hors emprise de chaussée.
- Objectif q4 : objectif fixé pour un remblai, une purge, une PST (partie supérieure des terrassements).
- Objectif q3 : objectif fixé pour une couche de forme.

Ces trois objectifs sont définis en référence à une valeur cible qui est celle obtenue par l'essai Proctor normal. Cet essai, réalisé en laboratoire sur la fraction 0/20 mm du matériau (en général) et avec une énergie de compactage normale, permet de déterminer le couple de valeurs optimales de teneur en eau W_{OPN} (en %) et de masse volumique sèche ρ_{dOPN} (en t/m^3). L'objectif visé est ensuite vérifié *in situ* par rapport à deux mesures :

- La mesure de la masse volumique moyenne obtenue sur toute la hauteur de la couche compactée dénommée ρ_{dm} ; cette valeur est la plus facile à mesurer sur chantier.
- La mesure de la masse volumique en fond de couche sur les 8 cm constitués par la base de la couche ρ_{dfc} . Cette dernière mesure est considérée comme la principale performance à obtenir pour garantir l'objectif de compactage.



↑ Figure 1 : illustration du gradient de densité ρ_d qui se manifeste dans une couche compactée en fonction de la profondeur Z . ρ_{dm} correspond à la valeur de la masse volumique moyenne sur toute la hauteur de la couche. ρ_{dfc} correspond à la valeur de masse volumique obtenue au niveau des 8 cm correspondant au fond de couche.

⊕ Nota : Il est intéressant de noter que l'objectif de fond de couche est exigé comme objectif de compactage des éprouvettes utilisées pour la caractérisation des matériaux.

OBJECTIFS TERRASSEMENTS	MASSE VOLUMIQUE MOYENNE ρ_{dm}	MASSE VOLUMIQUE FOND DE COUCHE ρ_{dfc}	OBSERVATION
q5	90 % de ρ_{dOPN}	87 % de ρ_{dOPN}	Pour remblayage des tranchées
q4	95 % de ρ_{dOPN}	92 % de ρ_{dOPN}	Pour remblais, purges et PST
q3	98,5 % de ρ_{dOPN}	96 % de ρ_{dOPN}	Pour couches de forme



↑ Compactage au rouleau vibrant.

2.2 / Objectifs relatifs aux travaux de compactage dans les structures de chaussées

Ils sont au nombre de deux :

> **Objectif q2** : le compactage q2 est un compactage plus puissant que le compactage q3. C'est l'objectif fixé pour une couche de fondation, une couche de base (dans le cas d'une route à faible trafic $T \leq 150 \text{ PL/j}$) ou une sous-couche ferroviaire.

> **Objectif q1** : le compactage q1 est caractérisé par la plus forte densification du matériau. C'est l'objectif fixé pour une couche de base (dans le cas d'une route à moyen et fort trafic), ou pour une couche de roulement.

Ces deux objectifs sont définis en référence à une valeur cible qui est celle obtenue par l'essai Proctor modifié. Cet essai, réalisé en laboratoire sur la fraction 0/20 mm du sol (en général) et avec une énergie de compactage modifiée, permet de déterminer le couple de valeurs optimales de teneur en eau W_{OPM} (en %) et de masse volumique sèche ρ_{dOPM} (en t/m^3).

Le niveau de qualité du compactage dépend directement de la classe des compacteurs utilisés (classes V4 et V5 pour le compactage q1 ; classe V3 pour le compactage q2).

OBJECTIFS CHAUSSÉES	MASSE VOLUMIQUE MOYENNE ρ_{dm}	MASSE VOLUMIQUE FOND DE COUCHE ρ_{dfc}	OBSERVATION
q2	97 % de ρ_{dOPM}	95 % de ρ_{dOPM}	Pour couches de fondation et couches de base (si $T \leq 150 \text{ PL/j}$)
q1	100 % de ρ_{dOPM}	98 % de ρ_{dOPM}	Pour couches de base (si $T > 150 \text{ PL/j}$) et couches de roulement

3 • Comment évaluer l'objectif de compactage ?

On commence par définir une valeur de référence (ρ_{dOPN} s'il s'agit de travaux de terrassements et ρ_{dOPM} s'il s'agit de travaux de chaussées).

La valeur choisie va servir à comparer la mesure sur le matériau compacté à la valeur cible qui correspond à 100 % de la performance attendue. C'est ce que l'on exprime lorsque l'on cherche 95 ou 98,5 % de l'OPN.

Sur chantier on peut évaluer la performance du compactage par rapport à l'objectif fixé par des moyens directs ou indirects.

3.1 / Évaluation directe de la qualité de compactage obtenue

Il s'agit, dans ce cas, de mesurer la masse volumique en un point. Les appareils donnent une valeur représentative du matériau au droit de la mesure. En général, il convient d'effectuer plusieurs mesures pour vérifier le niveau et l'homogénéité du compactage. Il existe deux méthodes de mesure :

- > La mesure de masse volumique par gamma-densimètre à transmission directe.
- > La mesure de masse volumique par densitomètre à membrane.

3.2 / Évaluation indirecte de la qualité de compactage obtenue

Le principe de mesure est fondé sur des corrélations de propriétés. Ces méthodes sont en général globales et permettent de valider l'objectif de compactage atteint sur de plus grands volumes, avec une plus faible mobilisation sur site.

> **Vérification de la qualité par la méthode du Q/S.**

Avec Q : volume en m^3 du matériau mis en œuvre pendant un temps déterminé.

Et S : surface en m^2 balayée par le compacteur pendant le même temps.

> **Vérification du compactage par pénétromètre dynamique.** ■



↑ Compacteur à pneus en action.

La protection du matériau retraité

Une couche de protection est ensuite appliquée sur la couche retraitée afin de la protéger des intempéries, de l'évaporation de l'eau et du trafic de chantier. Après durcissement de la couche traitée au ciment ou au liant hydraulique routier, une couche de surface à base de produits bitumineux est posée afin de garantir la fonctionnalité de la chaussée.

Les prescriptions relatives à un chantier de retraitement

Le niveau de qualité d'un chantier de retraitement est défini par le maître d'œuvre en prenant en compte les critères suivants :

- > La destination de la couche retraitée (couche de base ou couche de fondation),
- > Le niveau de trafic escompté,
- > La qualité du gisement de l'ancienne chaussée,
- > Les performances des matériels de retraitement.

Le tableau ci-dessous (Prendre le Tableau 11 du T71 – Page 71) fixe les exigences de qualité du retraitement et du compactage en fonction de la couche de chaussée visée par le retraitement et du niveau de trafic escompté sur la chaussée.

CAS DE CHANTIER		QUALITÉ	
Fonction de la couche retraitée	Classe de trafic	de retraitement	de compactage
Liaison ou base	$T > T3$	R1	q_1
Liaison ou base	$T \leq T3$	R1	q_2 (admise)
		R2 (admise)	q_1
Fondation	Tous trafic	R1	q_2
		R2 (admise)	

En France, il a été défini deux niveaux de qualité de retraitement :

- > **Le niveau de qualité de retraitement R1.** Il peut être obtenu quand on associe un pulvérisateur et un épandeur dont les coefficients de performances respectifs HEPIL et LTV respectent les exigences définies dans le tableau ci-dessous.

		3	2	1
Malaxeur	H		Seulement si $T = 3$ et $V = 3$	
	E			
	P			
	I			
	L			
Épandeur	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 (voire V 3 suivant l'épaisseur compactée)				



ACCEPTÉ



ACCEPTÉ SOUS
CONDITIONS



REFUSÉ

> Le niveau de qualité de retraitement R2. Il peut être obtenu quand on associe un pulvérisateur et un épandeur dont les coefficients de performances respectifs HEPIL et LTV respectent les exigences définies dans le tableau ci-dessous. ■

		3	2	1
Malaxeur	H			
	E			
	P			
	I			
	L			
Épandeur	L			
	T		Seulement si H = 3	
	V			
Compactage : qualité q2 Emploi de compacteurs V 3 ou V 4 ou V 5 et P2				



ACCEPTÉ



ACCEPTÉ SOUS
CONDITIONS



REFUSÉ