

Les techniques routières à base de Liants Hydrauliques Routiers (LHR)



10^{ème} Congrès National de la Route

du 24 au 26 Septembre 2018 -

Mr Ismaïl BENNANI : APC

Mr Mohamed AFECHKAR : GCR (Groupe Delta Holding)

Mr Eugen FLORESCU : Direction Routes (LafargeHolcim)

- Convention DR / APC / AMR de Novembre **1998**
- Convention Cadre METL / APC de Juin **2014**
- Convention Spécifique DR/APC/AMR de Novembre **2015**
« Utilisation des techniques routières à base de ciment »

- **Le LHR n'est pas un ciment**
- **Applications :**
 - ✓ Traitement des couches de chaussées neuves
 - ✓ Retraitement des chaussées dégradées
- **Caractéristiques spécifiques :**
 - ✓ prise et durcissement plus lents
 - ✓ délai de maniabilité plus long
 - ✓ chaleur d'hydratation plus faible
- **Actions immédiates :**
 - ✓ Diminution de la teneur en eau du sol par hydratation du liant
 - ✓ Modification des caractéristiques de la fraction fine
 - ✓ Modification des caractéristiques optimales de compactage
- **Actions à moyen terme / long terme :**
 - ✓ Amélioration des performances mécaniques des matériaux
 - ✓ Durabilité

Une norme marocaine spécifique au LHR

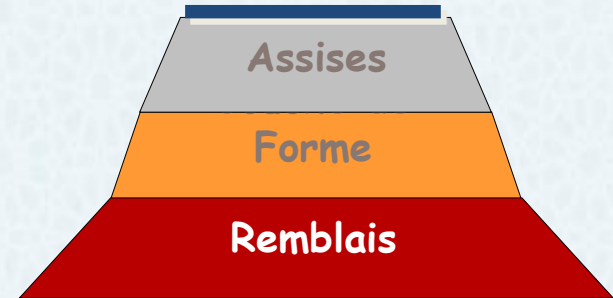
- Norme NM 10.1.015 publiée au B.O 6700 du 16 Aout 2018
- Spécifications techniques

Classe de résistance	Résistance à la compression, en MPa, valeurs caractéristiques à 28 et 56 jours		
	Li à 28 jours	Ls à 28 jours	Li à 56 jours
M1	$\geq 8,5$	-	$\geq 12,5$
M2	$\geq 12,5$	$\leq 32,5$	-
M3	$\geq 22,5$	$\leq 42,5$	-
M4	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$	-

La norme du LHR : un réel outil de prescription dans les CPS

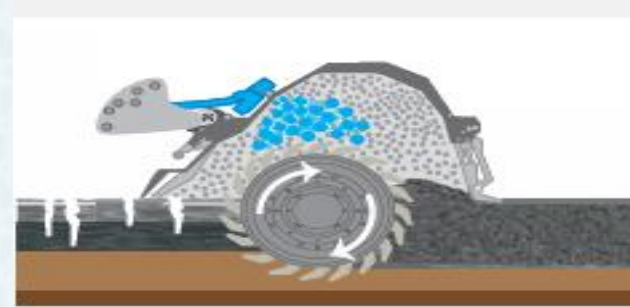
Construction des chaussées neuves :

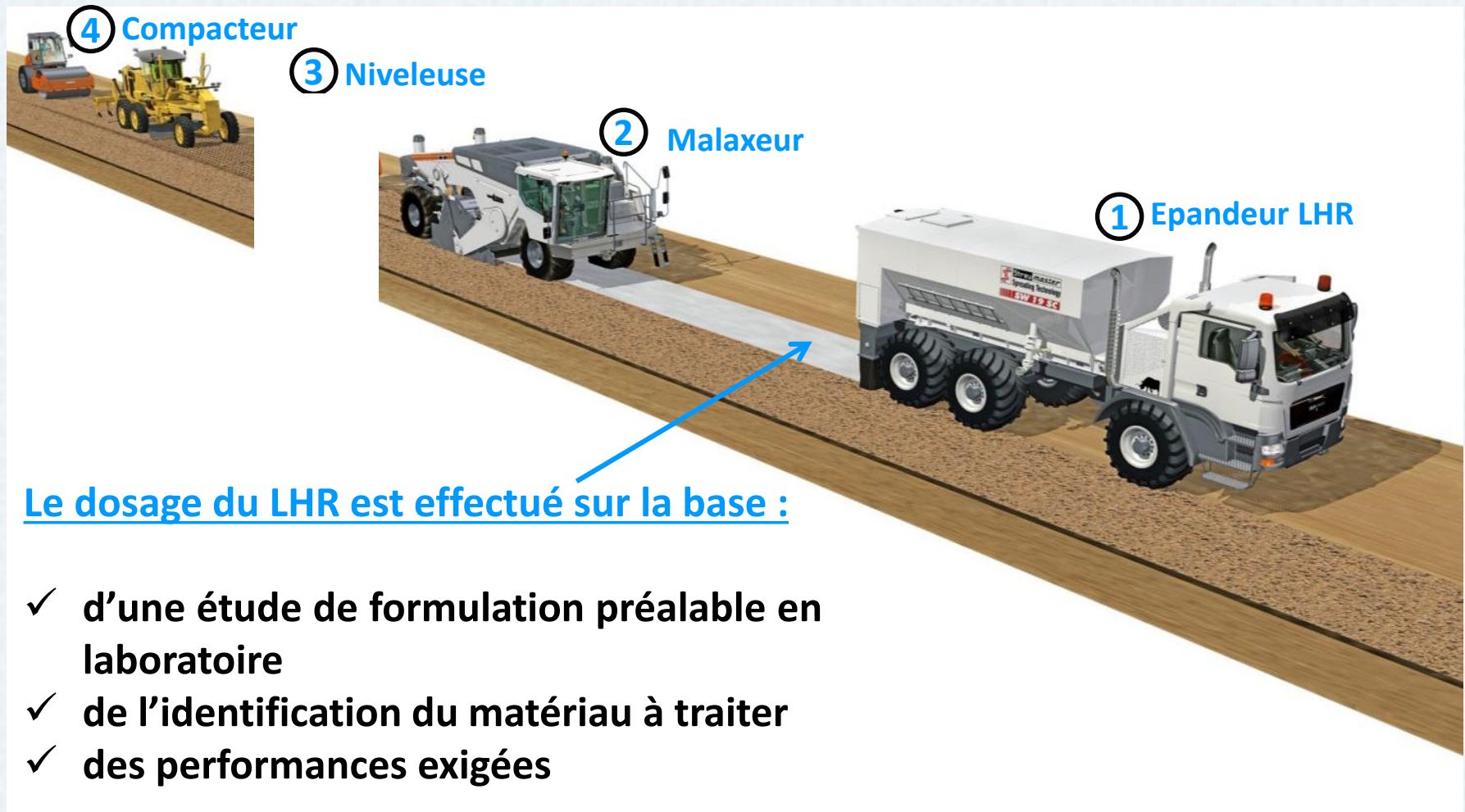
Le traitement au LHR concerne les différentes couches de la chaussée



Entretien des chaussées dégradées :

Le retraitement au LHR est effectué pour les couches d'assises





Le LHR, une solution aux multiples avantages

■ Réduction des coûts à travers :

- ✓ La valorisation des matériaux en place → **gain sur les coûts de fabrication et de transport des matériaux**
- ✓ L'optimisation du dimensionnement de la structure → **réduction des épaisseurs de chaussées et économie de matériaux**
- ✓ Amélioration de la durabilité de la chaussée → **réduction des coûts d'entretien**
- ✓ Réduction des délais de réalisation → **gain de productivité**

■ Contribution à la préservation de l'environnement :

- ✓ Conservation des ressources naturelles et réduction des émissions des gaz à effets de serre
- ✓ Réduction de la dégradation des routes avoisinantes

■ Amélioration de la sécurité sur le chantier et sur les routes avoisinantes par la réduction des flux de transport

Témoignage GCR (Groupe Delta Holding)

Rappel historique (avant 1998)

DPE	ROUTE	LONG	TECHNIQUE	ANNEE
KENITRA	RP3	1,3	GC	1983
KENITRA	RS229	560ml	Trait; chaux + BC	1985
KENITRA	RP2	600ml	GVC	1990
SETTAT	CT1063 (RP3606)	18	BC	1990
SAFI	CT6501	18	GAC	1993
CASA	CT1213 (RP3007)	15,5	BC	1995
FES	CT4007	4,5	GAC et GC	1997

Rappel historique (après 1998)

<i>DRE/DPE</i>	<i>Route</i>	<i>PKO</i>	<i>PKF</i>	<i>Longueur (en km)</i>	<i>Nature des travaux</i>
NADOR	<i>RN19</i>	0	10.5	10.5	Retraitement en place
SIDI KACEM	<i>RR 413</i>	46.2	63	16.8	Stabilisation accotements
	<i>RR408</i>	0	24	24	Retraitement en place
	<i>RN13</i>	102	127.6	25.6	Renforcement
KENITRA	<i>CT 2316 Souk Larbaa - Had Kourt</i>	0	15	15	Construction
	<i>RP4215</i>	0	15	15	Renforcement
	<i>RR411</i>	49	63	14	Elargissement + Renforcement

Rappel historique (après 1998)

MEKNES	RR 714 (CT 3360)	23	27,2	4,2	Elargissement Renforcement
	RP 7040 (RS 321) Boufakrane – sbaa Ayoun	0	19	19	Traitement du sol au ciment
TETOUAN	RP 4704 (CT 8305)	9	71	22	Construction
SETTAT	RR 316 Ras el Aïn - Ben hmed (Settat- El Jadida)	62.8	85,8	23	Stabilisation accotements
	RP 3615 RN9 - Oulad Bouziri	0	29	29	Elargissement Renforcement
	RP3607	0	24	24	Stabilisation accotements
EL JADIDA	RP3402;Azemm our - Jdida	2.3	13,6	11.3	Renforcement

Une grande rigidité :

- Bonne répartition des charges sur le support de la chaussée,
- Excellente adaptation aux sols de faible portance,

Conséquences :

- **une absence de fondation complexe**
- **une réduction des épaisseurs de la structure**, donc des terrassements
- **une économie en matériaux** (structure moins épaisse, à performances
- **mécaniques égales**

Une bonne tenue à la fatigue

- Très bonne résistance à la répétition des charges, donc à un trafic cumulé important.

Conséquences :

- **une grande durabilité (>20 ans)**
- **un entretien réduit sur la période de service**

Chantier Sidi Slimane (2017)/ Retraitement au LHR

Présentation des sections

RR409

Section : PK19 – PK27
ISU : 82% à l'état C+D
Trafic : 1166 v/j (2017)T2



RP4235

Section : PK0 –PK9
ISU : 99% à l'état D
Trafic : 630 v/j (BDR 2016)T3

- Maître d'ouvrage : Direction des Routes – DPE de Sidi Slimane
- Entreprise adjudicatrice : GCR (groupe Delta Holding)
- Date de la planche d'essai : 13 / 14 juillet 2017
- Démarrage chantier : 19/07/2017

➔ **1^{er} chantier au LHR du Maroc.**

➔ **Chantier pilote retenu par la Direction des Routes**

Chantier Sidi Slimane (2017)/ Retraitement au LHR



Etude de formulation

Route	Matériaux	LHR	w	Rci/Rc	CBR*
RP4235	75%fraisat+25% apport	6%	7-8%	0,69	255
RR409	75%fraisat+25% apport	6%	7-8%	0,68	277

* 3j à l'air + 4j immergé

Chantier Sidi Slimane (2017)/ Retraitement au LHR

Contrôles in situ



- L'analyse de GNB in situ a relevé un matériau propre et s'inscrivant dans le fuseau de spécification.
- L'indice de portance CBR mesuré sur les éprouvettes traitées et confectionnées à la teneur en eau in situ égal à 589 (spécification >100%)
- La résistance à la compression sur les éprouvettes après (10j air + 4j immersion) confectionnées in situ égale à 28.7 bars. (Spécification : 20bars < Rci < 50 bars)
- Le rapport Rci/Rc égal à 0.8 (spécification > 0.5)





• Chiffres du projet :

- RR 409 : 8 Km, 48 000 m²
- RP 4235 : 9 Km, 54 000 m²
- ➔ 17 Km et ~100 000 m² de surface à traiter
- ➔ ~1 500 T de LHR E3 (Usine LafargeHolcim de Fès)
- ➔ ~3,5 semaines de chantier au lieu de 4 mois (solution classique)

Le retraitement en place au LHR est une technique très intéressante qui offre de grandes opportunités pour résoudre les problèmes de la maintenance routière



Traitement au LHR

Retour d'expérience internationale

Eugen FLORESCU,
Direction Routes LafargeHolcim Groupe

Historique et évolution du marché:

- Traitement des matériaux routiers depuis 1930, avec LHR depuis 1980
- Marche actuel 5 millions de tonnes par an, avec une estimation de 15 millions de tonnes en 2030
- Compte tenu des impératifs actuels (contraintes économiques, développement durable, résilience aux changements climatiques), la construction de fondations stables et pérennes représente une priorité.
- En 2018, on estime à 2000 le nombre d'ateliers de traitement/recyclage dans le monde, dont 600 en Amérique du Nord et 200 en France

Bénéfices (par rapport à une solution classique):

- Economie financière: 20 à 35%
- Rapidité d'exécution: 2 à 3 fois plus vite
- Réduction empreinte carbone : 20 à 70%
- Sauvegarde des ressources, préservation du réseau

➤ Analyse à faire projet par projet

Une expérience différente par pays

En première ligne: France, Etats Unis, Canada, Allemagne

Utilisation confirmée : Roumanie, Algérie, Afrique de Sud...

Premiers pas: Azerbaïdjan, Philippines, Inde, Nigeria...



La France : leader mondial du LHR

Historique et évolution du marché:

- Premiers essais avec les LHR dans les années 1980
- Marché actuel 1 million de tonnes par an
- Techniques différentes: Terrassements, couches de forme, couches structurales, retraitement des chaussées existantes

Une technique largement acceptée:

- Les couches traitées en France ne sont pas une variante, mais une solution de base
- L'utilisation des LHR est gérée par l'existence d'un cadre normatif Européen (EN 13282)
- En moyenne, on construit en France 600 km de routes neuves et on recycle 1000 km avec LHR (par an)

Il reste encore de la place pour l'innovation:

Déviations d'Etampes (Sud Essonne), L = 2.0 km, 650 PL/j

Client : Agglomération d'Etampes

Réalisation d'une couche de forme avec LHR et fibres de chanvre

(source CIMBETON)



Roumanie : un développement accéléré

Historique et évolution du marché:

- Premiers essais avec les LHR en 2003
- 2004: 3.000 tonnes
- 2008: 100.000 tonnes
- 2012: 300.000 tonnes

Marché actuel à 200.000 tonnes en raison du ralentissement des investissements en infrastructure

La technologie a été très vite acceptée par les autorités, avec un support important de la part des Bureaux d'Etudes

Des chantiers très divers:

- ✓ Grands chantiers autoroutiers
- ✓ Recyclage à froid sur des routes nationales
- ✓ Stabilisation des fondations d'installations éoliennes

Exemple d'un chantier autoroutier:

Tronçon de l'autoroute A2, Timisoara-Lugoj (60 km)

LHR pour remblais et couche de forme : 40.000 tonnes

LHR pour couche granulaire traitée: 35.000 tonnes



Azerbaïdjan : un démarrage prometteur

Historique et évolution du marché:

Premiers essais avec les LHR en 2016 (volume 10.000 tonnes)

Prévision 2019 : 30.000 tonnes

Potentiel marché : 100.000 à 150.000 tonnes

Impact sur le marché routier local :

- ❖ Un gain de temps estimé à 30% par rapport à une solution classique
- ❖ Un gain financier estimé à 15% par rapport à la solution classique
- ❖ Le fournisseur de LHR met à la disposition du marché un atelier de recyclage (recycleur+épandeur de liant)

Dernier chantier réalisé (été 2018) : - valeur 1.5 m CHF

- ❖ Construction des routes agricoles autour d'un pôle d'irrigation
- ❖ environ 73 000 m³ de sol argileux à traiter en place avec 4.000 tonnes de Dorosol C30 (LHR)
- ❖ 55 000 m³ de graves à traiter sur place avec 4.500 tonnes de Doroport TB35 (LHR)



APC et AMR vous remercient pour votre attention