

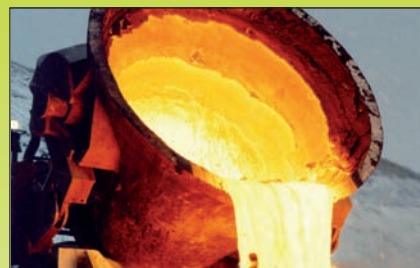
→ Guides d'utilisation des matériaux lorrains en technique routière



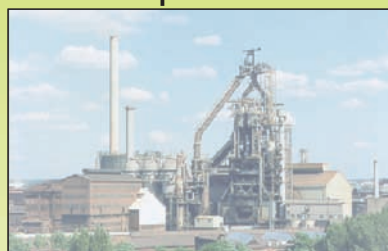
■ Guide calcaire



■ Guide cendres



■ Guide laitier d'aciérie
de four électrique



■ Guide laitier haut fourneau



■ Guide matériaux de démolition



■ Guide schiste



SOMMAIRE

I. INTRODUCTION.....	2
II. LES GISEMENTS DES LAITIERS D'ACIERIE DE FOUR ELECTRIQUE	3
III. LE MODE D'ELABORATION DES GRANULATS ISSUS DES lafe	4
IV. CARACTERISATION DES GRANULATS ISSUS DE LAITIERS D'ACIERIE ELECTRIQUE	5
A. Caractérisation géotechnique	5
B. Caractérisation chimique.....	6
C. Caractérisation environnementale	7
D. Maitrise de la qualité	7
V. DOMAINES D'EMPLOI DES LAFE :	8
VI. AVANTAGES, PARTICULARITES ET DEROGATIONS LOCALES.....	9
VII. REFERENCES CHANTIER.....	10

I. INTRODUCTION

Le **laitier d'aciérie de four électrique** est un co-produit de la fabrication d'acier dans un four à arc. Dans le procédé électrique, l'acier est obtenu par refusion de ferrailles. Le but est d'affiner l'acier en éliminant partiellement le carbone, le manganèse, le silicium et presque totalement le phosphore et le soufre au moyen d'oxygène pur.

Dans les fours à arc électrique, le bain métallique assure le contact électrique entre des électrodes entre lesquelles se crée un arc produisant de la chaleur.

↳ dans une première phase, une charge solide, constituée de chaux, de minerai, de ferrailles de récupération est mise en fusion.

↳ dans une deuxième phase, caractéristique du procédé, une désoxydation et une désulfuration poussées du métal se font par formation d'un laitier réducteur et basique (addition de chaux) que l'on obtient par ajout d'antracite et de coke.

De la chaux est alors introduite et un jet de fonte vient ensuite mélanger l'ensemble. La fonte est utilisée comme source d'énergie, elle permet d'améliorer la qualité de l'acier en diminuant le taux d'impuretés.

Les aciers de four électrique 'carbone' sont très faiblement alliés (les aciers au chrome ne sont pas fabriqués en Lorraine).

Tous les constituants autres que métalliques de la charge vont former le laitier électrique (filrière carbone électrique).



Four électrique ouvert avant chargement



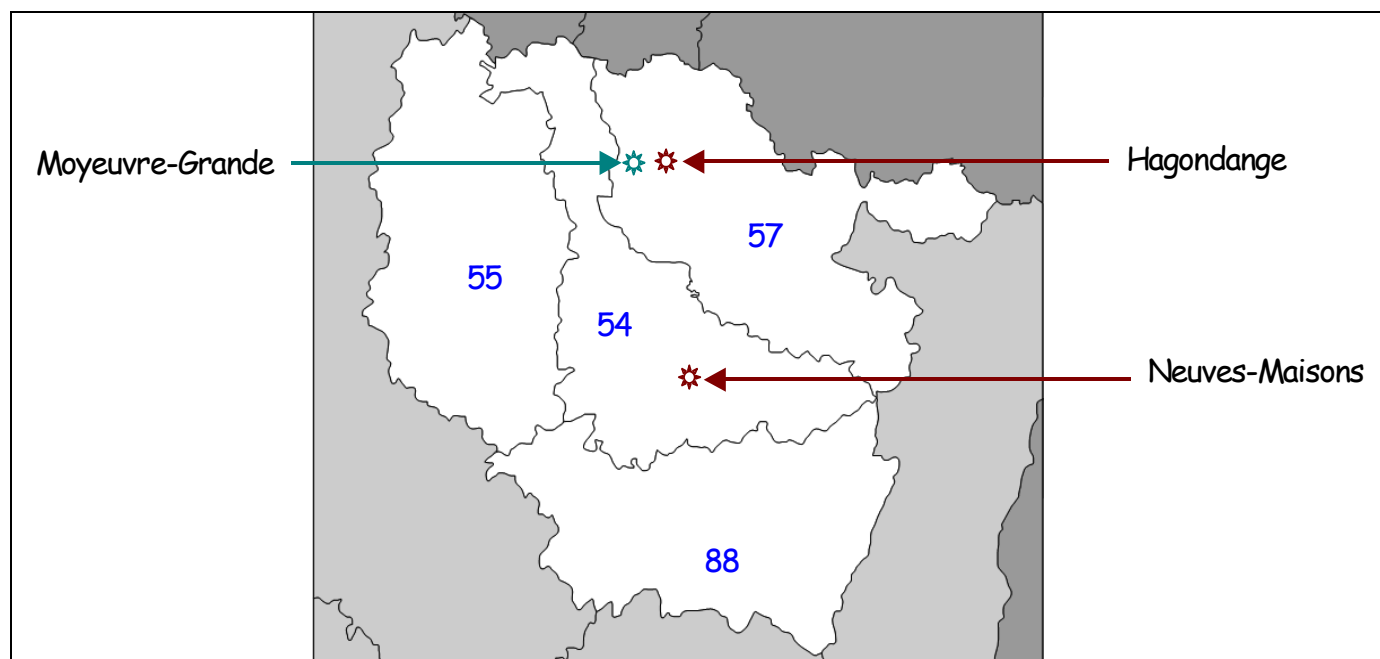
Coulé du laitier en fosse de refroidissement

Refroidi, déferrillé, concassé et criblé, le laitier se présente sous la forme d'une roche artificielle aux propriétés mécaniques élevées. Il est prêt à l'emploi en construction routière sous forme de granulats.

II. LES GISEMENTS DES LAITIERS D'ACIERIE DE FOUR ELECTRIQUE

On récence actuellement 3 aciéries électriques en Lorraine :

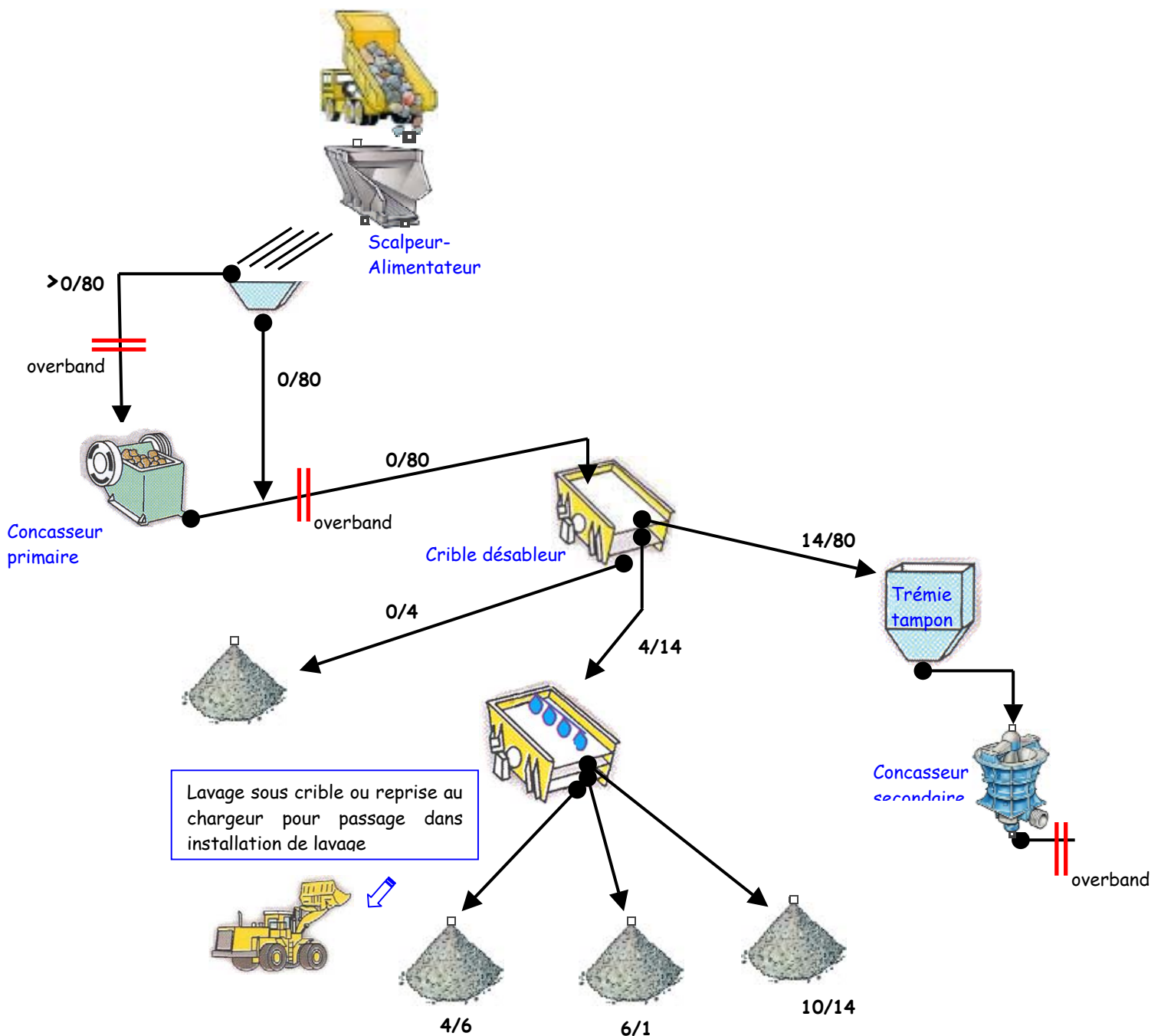
- Hagondange (57)	<i>Groupe Ascométal</i>	30 000 T/an
- Neuves-Maisons (54)	<i>Groupe Riva</i>	100.000 T/an
<i>Stock :</i>		
* Moyeuvre-Grande (57)	<i>SLAG</i>	500.000 T



Les laitiers d'aciérie électrique sont régulièrement utilisés en Lorraine depuis le début des années 90.

III. LE MODE D'ELABORATION DES GRANULATS ISSUS DES LAFE

Le mode d'élaboration des granulats de laitier d'aciérie électrique est identique à celui des granulats traditionnels.



Toutefois, le procédé de fabrication peut légèrement varier d'un site de production à l'autre pour être optimisé en fonction du laitier et de l'usage qui sera fait des matériaux. Par exemple, pour une utilisation en enduit superficiel, un lavage des granulats peut être requis.

IV. CARACTERISATION DES GRANULATS ISSUS DE LAITIERS D'ACIERIE ELECTRIQUE

Les granulats produits à partir des laitiers d'aciéries électriques sont caractérisés par les normes :

NF EN 13043 : granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aérodromes et d'autres zones de circulation.

NF EN 13242 : granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées.

XP P 18-545 article 7 : granulats pour chaussées : couches de fondation, de base et de liaison.

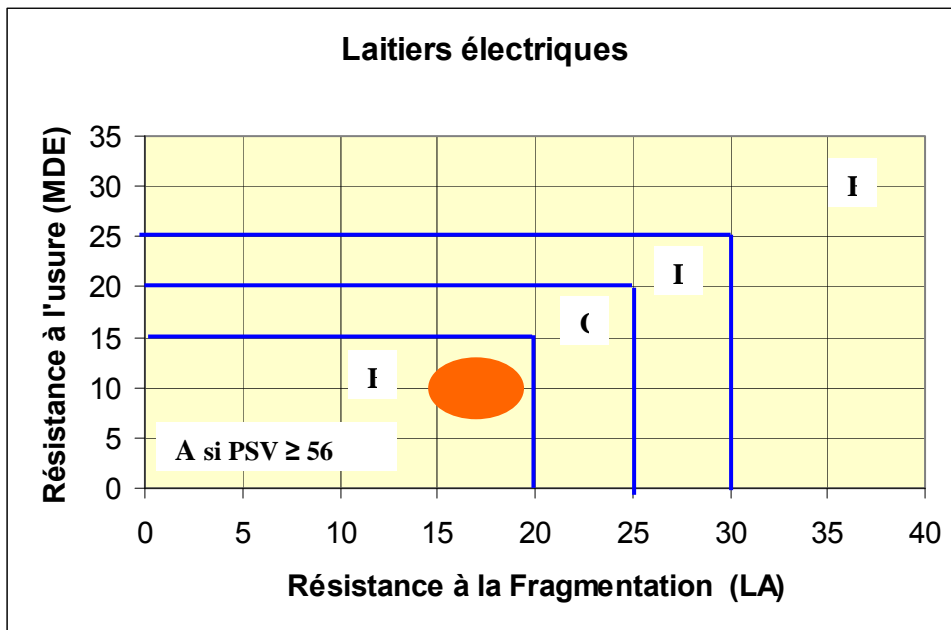
XP P 18-545 article 8 : granulats pour chaussées : couches de roulement utilisant des liants hydrocarbonés.

A. CARACTÉRISATION GÉOTECHNIQUE

Les laitiers d'aciérie électriques, provenant des trois sites de production, ont de très bonnes caractéristiques intrinsèques, comparables à celles des granulats les plus performants du marché français.

Résistance à la fragmentation (LA) :	14 à 18
Résistance à l'attrition (MDE) :	6 à 12
Résistance au polissage (PSV) :	56 à 68
Résistance au gel (F) :	< 1
La masse volumique (MVRg) :	3.50 à 3.62
Le taux d'expansion à la vapeur :	< 3.5 %

Au regard de la norme XP P 18 545, ces laitiers sont classés en catégorie A



Classement

Les laitiers FE de Neuves Maisons sont classés d'après les normes NF EN 13242, NF EN 13043 et XP P 18-545 article 7 (Granulats pour chaussées : couches de fondation, de base et de liaison) :

Gc 85/20, f1, LA₂₀, MDE₁₅, FI10, F1, PSV 56 MBF NT

B. CARACTÉRISATION CHIMIQUE

Les laitiers électriques sont des matériaux silico-calciques contenant également des concentrations importantes en oxydes de fer.

Leur chimie est variable d'une aciérie à l'autre. Leurs principaux composants chimiques sont :

Eléments		% matière sèche
Chaux	CaO	30 à 45
Silice	SiO ₂	9 à 20
Alumine	Al ₂ O ₃	1 à 6
Magnésium	MgO	1 à 7
Manganèse	MnO	2 à 7
Fer	FeO	19 à 35
Soufre	S	0 à 1

Le faible taux de chaux libre présent dans ces laitiers électriques (<1%) témoigne de la stabilité de ces produits. Cette stabilité dimensionnelle est mesurée par un test normalisé d'expansion à la vapeur (NF EN 1744-1 §19.3).

C. CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE

La valorisation des LAFE ne fait pas pour l'instant l'objet d'une réglementation nationale en matière de protection de l'environnement.

Cependant, l'évaluation des contaminations et des potentialités éco-toxicologiques permettent de classer les laitiers d'aciérie électriques comme sans impact pour la faune, la flore et de manière générale pour l'environnement.

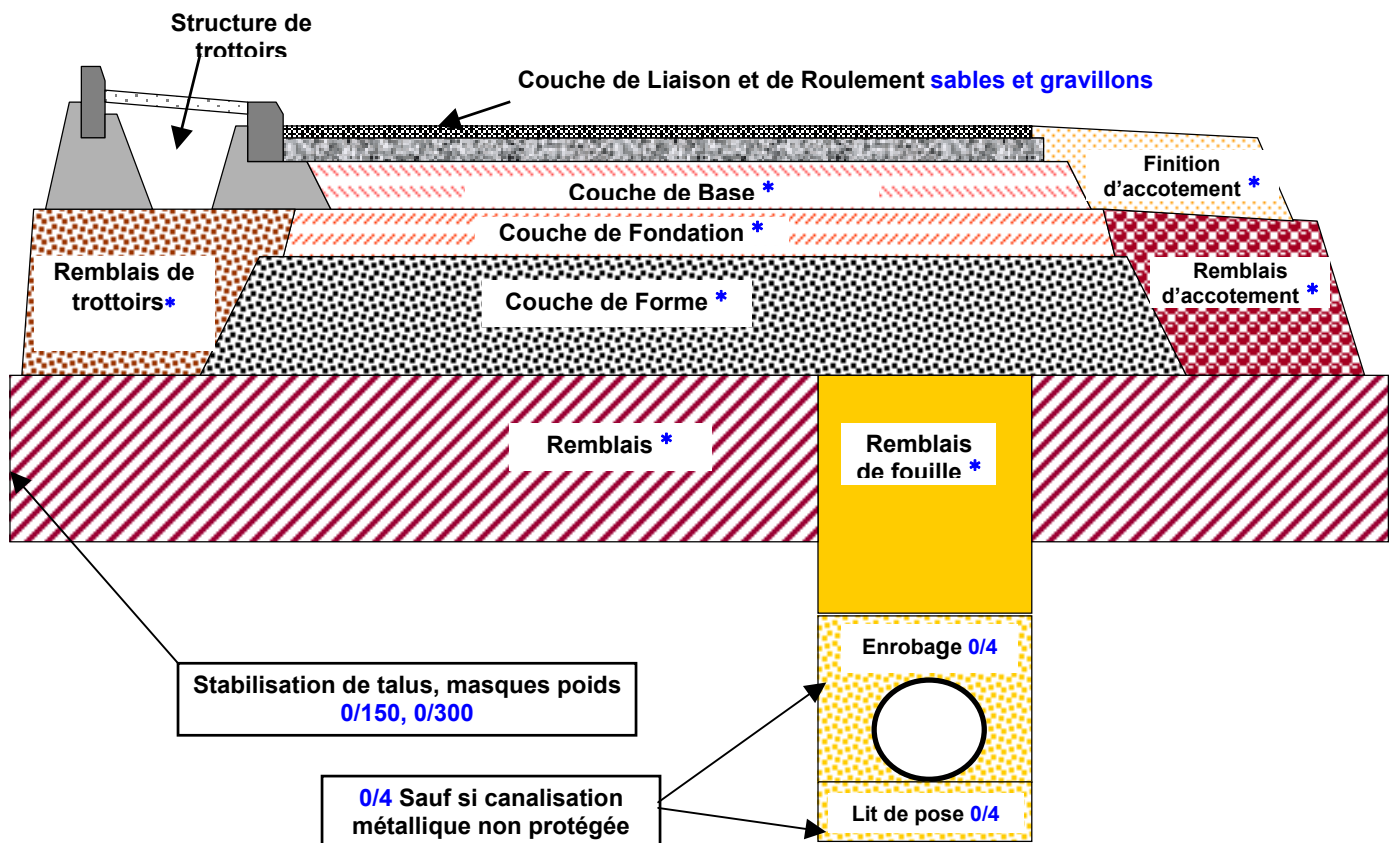
D. MAITRISE DE LA QUALITÉ

Caractéristiques	Méthodes d'essai	Grave 0/4cc	Gravillon 4/6.3cc	Gravillon 6.3/10cc	Gravillon 10/14cc	Grave 0/31.5cc
Granularité et % fines	EN 933-1	1/sem.	1/sem.	1/sem.	1/sem.	
Forme des gravillons	EN 933-3		1/mois	1/mois	1/mois	
Qualité des fines	EN 933-9 (MBF)	1/sem.				
Masse Volumique	EN 1097-6 (annexe A)	1/2ans	1/2ans	1/2ans	1/2ans	
Résistance à la fragmentation	EN 1097-2				1/an	
Résistance à l'usure	EN 1097-1				1/an	
Résistance au polissage	EN 1097-8			1/an		
Sensibilité au gel-dégel	EN 1367-1					1/2ans (*)
Stabilité Volumique	EN 1744-1 (19.3)					2/an (**)

(*) sur fraction 8/16 criblée en laboratoire

(**) essais réalisés à l'extérieur

V. DOMAINES D'EMPLOI DES LAFE :



* Utilisation possible

- Nota pour une utilisation en structure routière :

Les caractéristiques des laitiers électriques les rendent particulièrement adaptés à une utilisation dans les bétons bitumineux, les enduits superficiels et les couches de base.

A fortiori, leur utilisation est possible dans les couches inférieures de la structure de chaussée, mais les performances des laitiers électriques seraient alors médiocrement exploitées.

- Nota pour une utilisation en remblais de tranchée :

Les laitiers d'aciérie électrique ne doivent pas être utilisés au contact de canalisations métalliques non protégées

- Nota pour une utilisation sous dallage :

Sans aucune expérience dans ce type d'application, en l'absence d'étude spécifique, l'utilisation des laitiers d'aciérie électrique sous dallage ne peut être validée par ce guide.

VI. AVANTAGES, PARTICULARITES ET DEROGATIONS LOCALES

- ✓ Insensibles à l'eau, les laitiers électriques peuvent être mis en œuvre par tout temps.
- ✓ La densité des laitiers électriques est plus élevée que la moyenne des matériaux usuels (présence d'inclusions métalliques résiduelles due à l'élaboration de l'acier dans les granulats de laitiers).

Cette même densité permet d'utiliser avantageusement les laitiers électriques en « massifs poids »

- ✓ Pour une utilisation en béton bitumineux, la structure alvéolaire des laitiers électriques demande un apport en liant légèrement supérieure que celui demandé par un granulats usuel.

Cette même structure alvéolaire a l'avantage, au fur et à mesure de l'usure de l'ouvrage, de découvrir de nouvelles arrêtes, assurant une bonne adhérence à long terme.

- ✓ Les laitiers électriques possèdent un très bon coefficient de frottement les rendant particulièrement efficaces dans les couches de roulement.
- ✓ L'élaboration de granulats de laitier génère des fines qui adhèrent aux gravillons de structure alvéolaire. Ces fines possèdent les mêmes caractéristiques que les gravillons et ne sont nullement comparables à des argiles. Ces fines ne sont donc pas nocives et peuvent au contraire limiter l'apport en filler nécessaire dans les formulations de béton bitumineux.

Par dérogation :

- pour un usage en béton bitumineux, la teneur en fines (< 63 μm) des laitiers généralement admise est de 4 % au lieu des 1 % définis dans les normes.
- pour un usage en enduit superficiel, la teneur en fines (< 63 μm) des laitiers peut être de 1 % au lieu des 0.5 % définis dans les normes.



VII. REFERENCES CHANTIER

Produits	Classification	Usages	Références
10/14 6/10 et 4/6	Gc 85/20, f1, LA₂₀,MDE₁₅, FI10, F1, PSV 56 MBF NT	Enduit superficiel	2007 : RD 14 côte du Saint Michel (1.350T) 2001-2007 : Marchés d'entretien Meuse, Moselle et Meurthe-et-Moselle (> 50.000 T) 2004 : RN 411 Dieulouard-Toul (2.500T) 2003 : RN 57 Flavigny-Bayon (9.000 T) 1997 : RD 9 – Bayon-Méhoncourt (1.500T)
0/4 4/6 6/10 et 10/14	Gc 85/20, f1, LA₂₀,MDE₁₅, FI10, F1, PSV 56 MBF NT	Béton bitumineux	2007 : A 31 Metz-Toul (7.000 T) 2003 : A 31 Gye (12.000 T) 2001 : A 31 voie lente Bulgnéville (4.500 T) 1998 : RN 59 Lunéville (2.500 T) 1998 : RN 4 – Maulan (4.500 T)
GNT 0/31.5	-	Couche de base	2007 : centre de rétention de Nancy (3.000T)

ANNEXE

ABREVIATIONS

LHF : Laitier de Haut Fourneau

LAFE : Laitier d'aciérie électrique

LD : Laitier d'aciérie de convertisseur à oxygène (Lind Donawitz)

LWS : Laitier d'aciérie de convertisseur à oxygène (Loire Wendel Sprunck)

DND : Déchet non dangereux

DD : Déchet dangereux

PSV : Polish stone values

LA : Los Angeles

MDE : Micro Deval dans l'eau

MVR : Masse volumique réelle

MB : Valeur de bleu méthylène (fraction 0/2)

GNT : Grave non traitée

GTLH : Grave traitée aux liants hydrauliques