

**18<sup>e</sup>**  
édition



# JOURNÉE TECHNIQUE 2024

**Les matériaux alternatifs  
dans les infrastructures  
de demain**

**AVEC LE SOUTIEN D'INFRA 2050**

Pôle de compétitivité de la filière des Travaux Publics



# Valorisation des laitiers d'aciérie électriques en enrobés bitumineux



**Julien WALIGORA**

*Responsable Technique Economie  
Circulaire*



**Jérôme DHERBECOURT**

*Directeur Technique Régional*

**Depuis 2005** : valorisation de 700 000 tonnes / an de laitiers LD



*Implantation de SGA sur le site d'ArcelorMittal Dunkerque (59)*

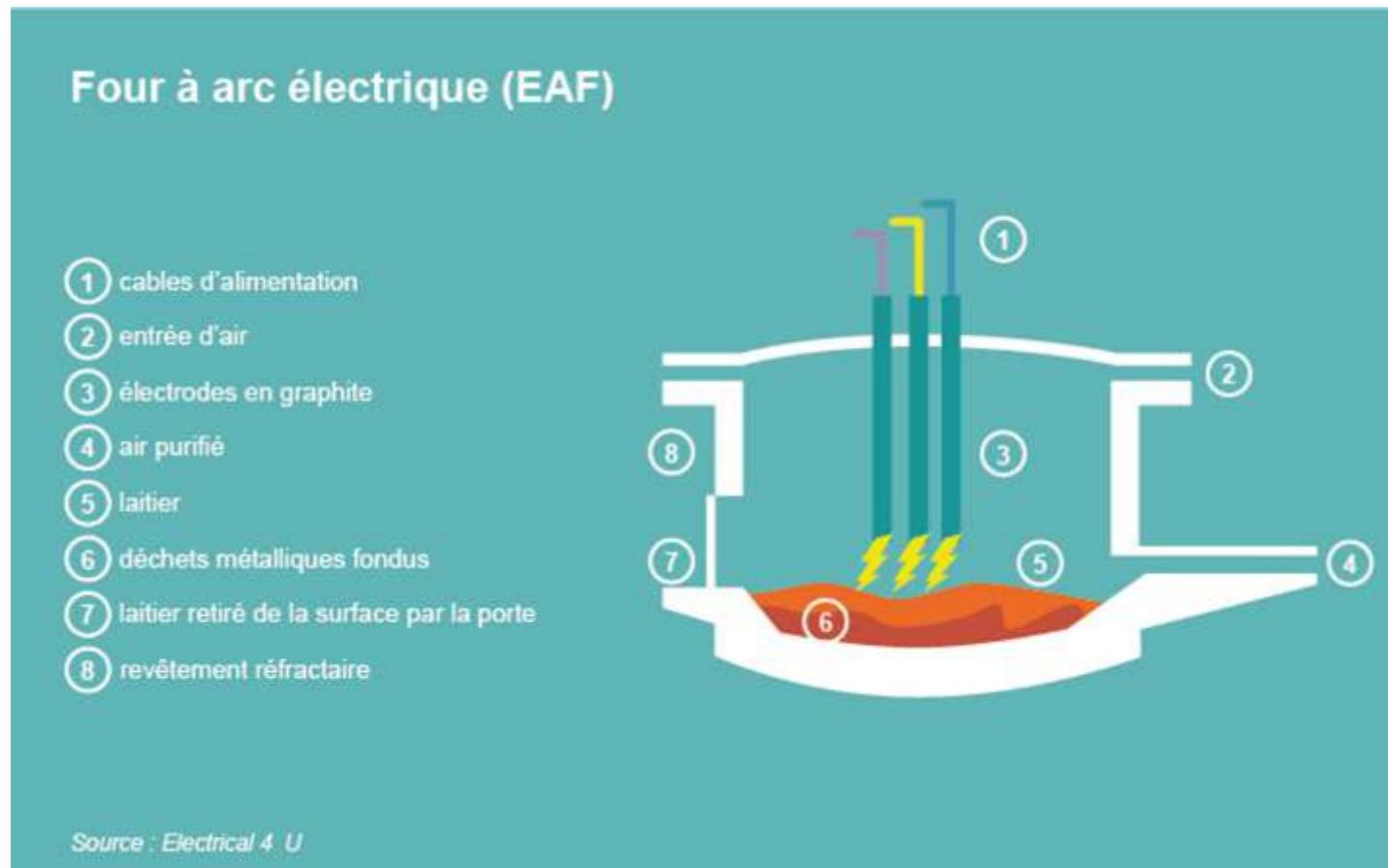
**Partenariat scientifique** avec



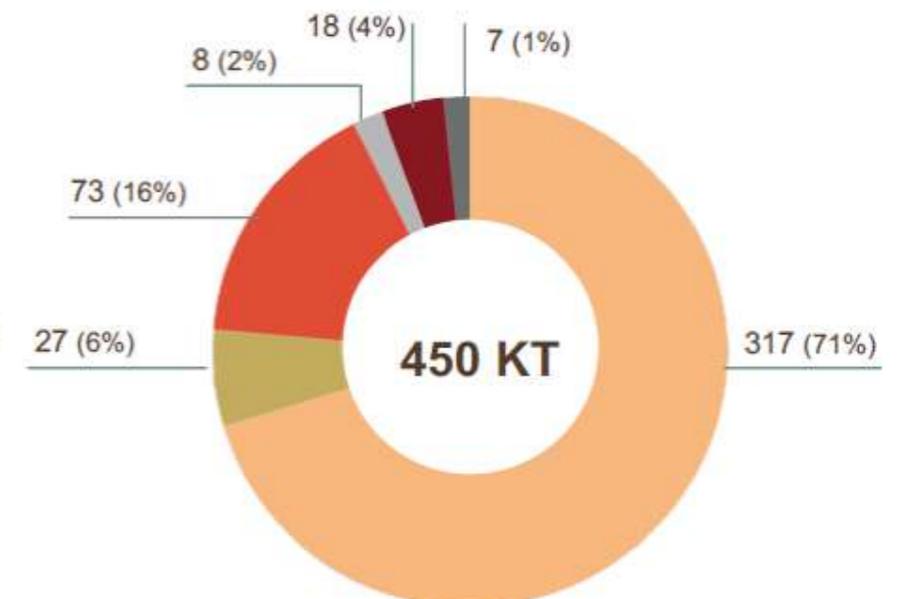
depuis plusieurs années

# Les laitiers d'aciérie de fours électriques (LAFE) :

- Issus de la transformation de ferrailles en acier par arc électrique



## Filières de gestion des laitiers d'aciérie électrique "carbone" ou faiblement alliés



**CTPL**  
CENTRE TECHNIQUE  
ET DE PROMOTION  
DES LAITIERS SIDÉRURGIQUES

- Travaux Publics
- Construction
- En stock
- Recyclage Interne
- Mise en décharge
- Autres

Unité = kt

**2023**  
Total des filières = 450 KT  
provenant de  
• la fraîche production = 412 KT  
• déstockage = 38 KT  
(Stocks est. = 886 KT)

# Caractéristiques attendues des LAFE pour enrobés :

- Environnement : guide Sétra laitiers sidérurgiques – octobre 2012 :
- Usages type 1, 2 et 3 :

Tableau A3 – Valeurs limites à respecter pour les usages de « type 3 »

| Paramètre  | Valeur limite (mg/kg de MS) |
|------------|-----------------------------|
| As         | 0,6                         |
| Ba         | 25                          |
| Cd         | 0,05                        |
| Cr total   | 0,6                         |
| Cu         | 3                           |
| Hg         | 0,01                        |
| Mo         | 0,6                         |
| Ni         | 0,5                         |
| Pb         | 0,6                         |
| Sb         | 0,08                        |
| Se         | 0,1                         |
| Zn         | 5                           |
| Fluorures  | 13                          |
| Chlorures* | 1000                        |
| Sulfates*  | 1300                        |

# Caractéristiques attendues des LAFE pour enrobés :

- Norme Granulats NF P 18-545 art. 7 et 8 et NF EN 13043 :
- LA, MDE et PSV :

**Tableau 22 — Codes des catégories NF EN pour LA, M<sub>DE</sub> et PSV et pour la compensation LA+M<sub>DE</sub> des gravillons et de la fraction gravillons des graves pour couche de roulement**

| Code | LA (1) (2)      | M <sub>DE</sub> (1) (2) | Compensation<br>LA + M <sub>DE</sub> (1) | PSV (1)         |
|------|-----------------|-------------------------|--|-----------------|
|      | V <sub>ss</sub> |                         |  | V <sub>si</sub> |
| A    | 25              | 20                      | 35                                       | 56              |
| B    | 25              | 20                      | 35                                       | 50              |
| C    | 30              | 25                      | 45                                       | 50              |

- Chaux libre et gonflement (steam test) :

## 8.9.1 Stabilité volumique des granulats issus de laitiers d'aciéries

- Pour enrobés : V<sub>ss</sub> = 3,5 % ;
- Pour enduits superficiels : V<sub>ss</sub> = 6,5 %.

## Caractéristiques obtenues :

- **Exemple** de caractéristiques intrinsèques sur granulats laitiers :



| Paramètres              | Résultats                     |
|-------------------------|-------------------------------|
| MVRg – WA <sub>24</sub> | 3,40 t/m <sup>3</sup> – 2,8 % |
| LA                      | 21                            |
| MDE                     | 11                            |
| Environnement           | Type 3 (tous usages)          |
| Analyses chimiques      | OK                            |
| Teneur en chaux libre   | 1 à 2 %                       |
| Gonflement (steam test) | OK                            |

- Plusieurs gisements testés chez

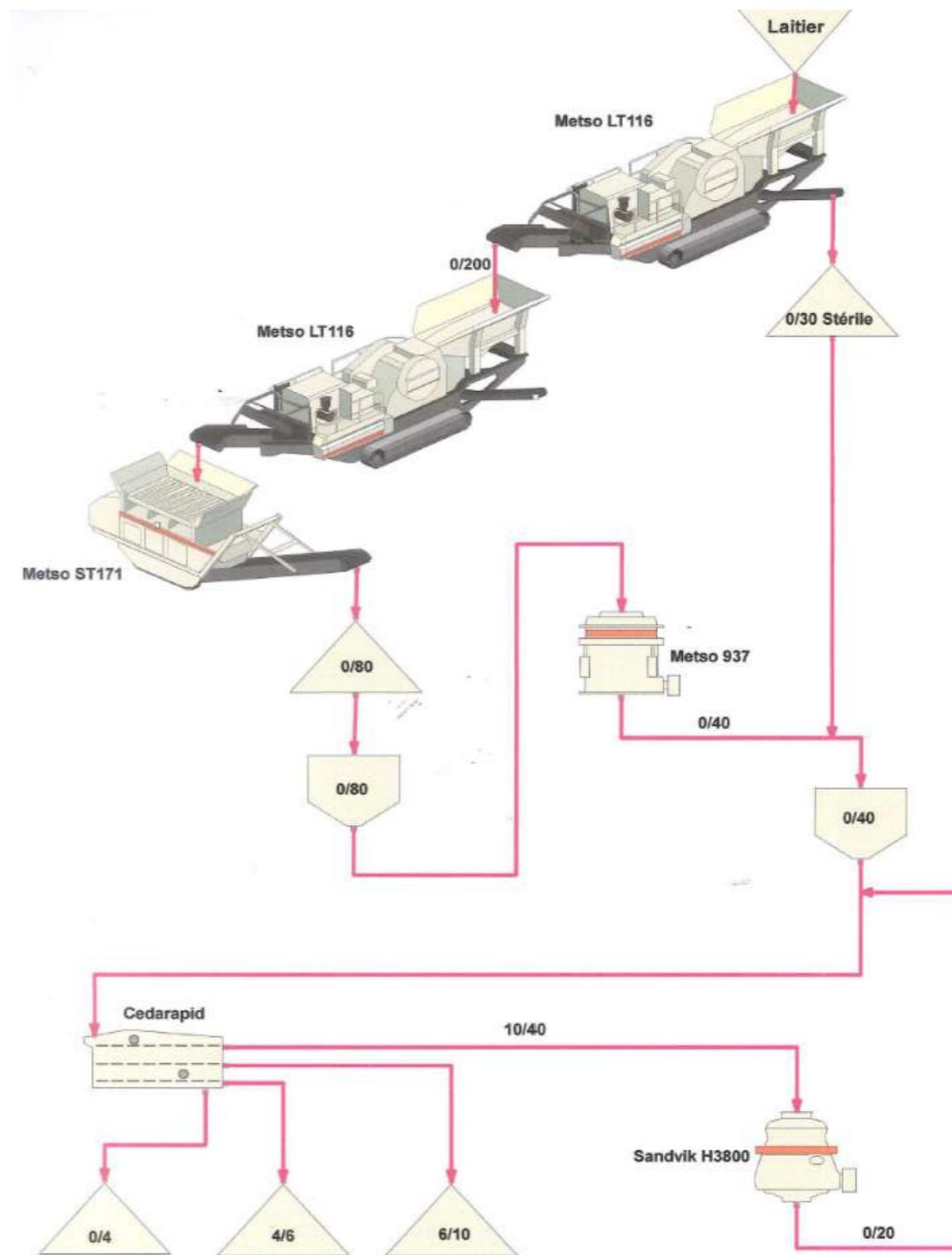


Laitiers à l'état brut



Blocs de Laitiers

# Elaboration des granulats laitiers :



Elimination des ferrailles sur 4 points de l'installation avec des overbands électromagnétique

# Elaboration des granulats laitiers :



Elaboration d'un laitier 0/200



Elaboration d'un laitier 0/80



Elaboration des différentes coupures de laitier



Éléments issus du déferrailage

# Etude de formulation d'enrobés avec LAFE + AE : BBSG 0/10 50/70

| Composition de laboratoire            |        |             |                |            |
|---------------------------------------|--------|-------------|----------------|------------|
| nature et provenance                  | classe | dosages (%) | code (P18-545) |            |
| Gravillons Laitier                    | 6/10   | 47          | AIII           |            |
| Sable Laitier                         | 0/4    | 19          | a              |            |
| Sable silico-calcaire BUDILLON Izeaux | 0/2    | 12          | a              |            |
| Filler d'apport                       | Filler | 2.4         |                |            |
| AER BUDILLON Izeaux                   | 0/10   | 15          |                |            |
| Bitume pur                            | 50/70  | 4.6         |                |            |
| Teneur totale en liant :              |        | 5.5 %       | catégorie      | TL min 5.2 |

Maniabilité  
% vides : 9,1% (5% à 10%)

Résistance à l'orniérage  
 $P_{orn}$  : 3,7% à 30000 cycles et à 60°C

Sensibilité à l'eau  
Rapport i/C : 96%

Module de rigidité (15°C, 10Hz) : 11 600 MPa

- 81% de recyclés (laitiers + AER) dans la formule !
- Très bonne adhésivité des laitiers avec le bitume (rapport i/C)
- Très bonnes caractéristiques mécaniques : BBME (11 600 MPa)

# Etude de formulation d'enrobés avec LAFE + AE : BBDr 0/10 Bip. 83

## Composition de laboratoire

| nature et provenance      | classe | dosages (%) | code (P18-545) |
|---------------------------|--------|-------------|----------------|
| Gravillon 6.3/10 Laitier  | 6.3/10 | 50          |                |
| Sable 0/2 Silico-calcaire | 0/2    | 7           | a              |
| AER BBDr A 43             | 0/10   | 38.5        |                |
| Biprène 193               |        | 3.5         |                |
| filler Calcaire           |        | 1           |                |

Teneur totale en liant : 5.04 %

## Sensibilité à l'eau (méthode B)

éprouvette nombre : 12 ; diamètre moyen : 80 mm ; longueur moyenne : 86 mm

masses volumiques lot sec : 2.308 Mg/m<sup>3</sup> lot humide : 2.309 Mg/m<sup>3</sup>

température d'essai : 18 °C

résistance en compression lot sec C<sub>D</sub> : 8780 kPa

résistance en compression lot humide C<sub>w</sub> : 8450 kPa

rapport i/C : 96 %

à 88,5 % de recyclés (laitiers + AER) dans la formule !

→ Très bonne adhésivité des laitiers avec le bitume (rapport i/C)

# Exemples de chantiers réalisés : BBSG 0/10 50/70



RD36 à Novalaise en 2014



Rues à Lyon en 2016



# Exemples de chantiers réalisés : BBSG 0/10 50/70



RN88 à Blavozy (43) en 2018



RD986 à Volvic en 2019





A43 La Tour du Pin (38)



Chantier réalisé en 2015

Etude de formulation :

PCG 40 girations : 23,7% (CCTP : 24 à 28%)

Contrôles chantier :

% de vides sur carottes : 23 - 24%

Vitesse de perméabilité : 1,8 cm/s

**Conclusion** :

**Très bonne drainabilité** malgré une faible teneur en vides pour un drainant



# Les freins au développement des enrobés avec laitiers :

- ➔ **Réticence des MOA** à utiliser des laitiers, des recyclés...
- ➔ **Variabilité possible des caractéristiques des laitiers** (au sein d'un gisement ou d'un gisement à l'autre)
- ➔ **Masse volumique élevée** comparée à celle des granulats naturels
- ➔ **Prix d'élaboration des granulats** (risque de casse de matériel)
- ➔ **Prix des essais environnementaux et fréquence de contrôles**

# Conclusions :

Enrobés aux laitiers



**Gamme Enrobés HPE (Haute Performance Environnementale)**



**Recyclage à fort taux** des granulats de laitiers + incorporation d'Agrégats d'Enrobés Recyclés dans les enrobés = **très forte valorisation !**

→ Très bonne affinité entre les laitiers et le bitume  
à Très bonnes performances des enrobés bitumineux : i/C, résistance à l'orniérage, rigidité...

à **Durabilité des enrobés avec laitiers**



## MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Julien WALIGORA  
[julien.waligora@eiffage.com](mailto:julien.waligora@eiffage.com)

Jérôme DHERBECOURT  
[Jerome.dherbecourt@eiffage.com](mailto:Jerome.dherbecourt@eiffage.com)