



ArcelorMittal

ArcelorMittal Méditerranée

Usine de Fos sur Mer

**Les Laitiers d'Aciérie :**  
**Des matériaux industriels de qualité,**  
**pérennes et à usages multiples**  
**Afoco 17/06/2015**

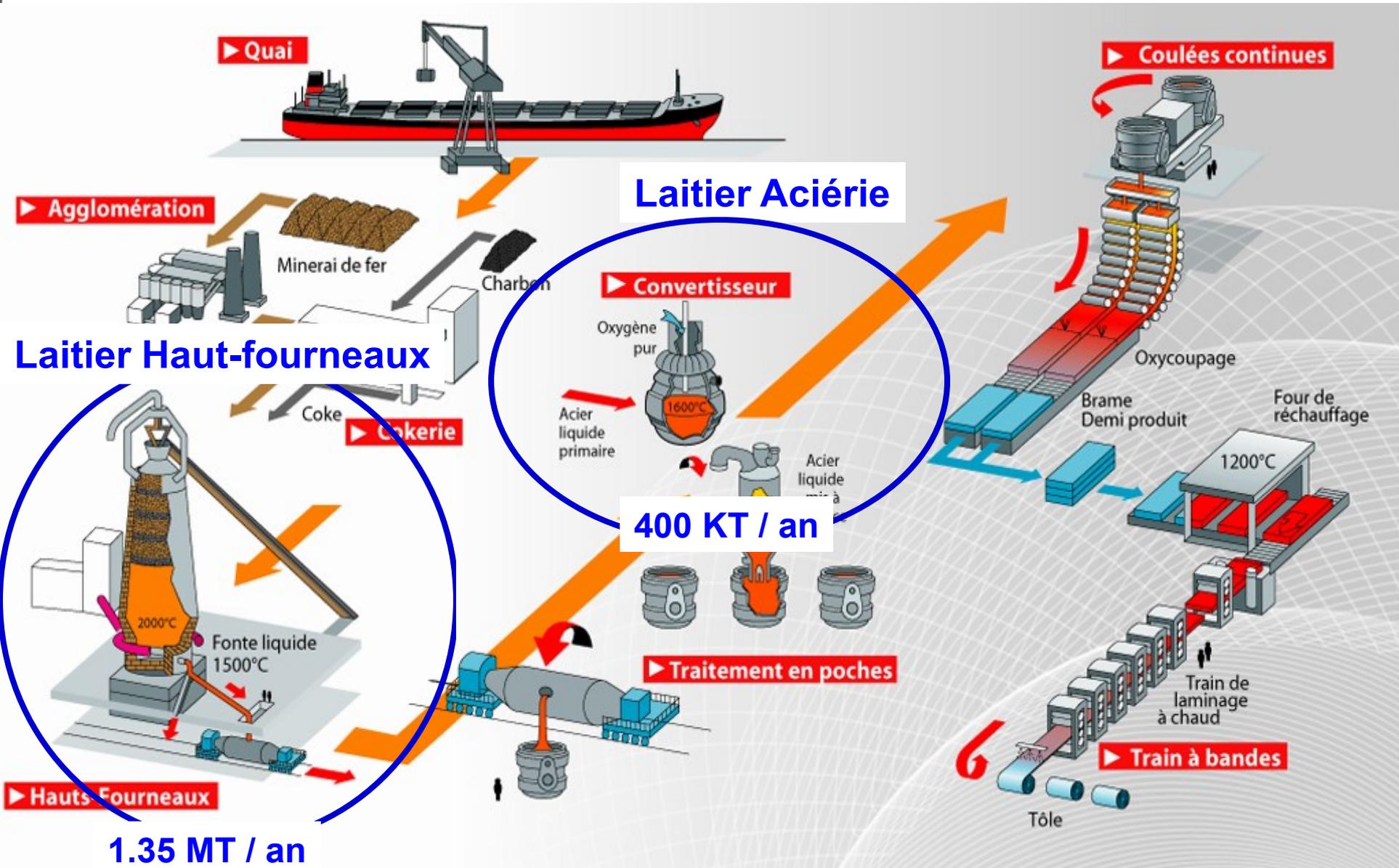


# Laitier d'aciérie de conversion

→ Matériau alternatif multi usages et sans risque pour l'environnement



# Production des laitiers

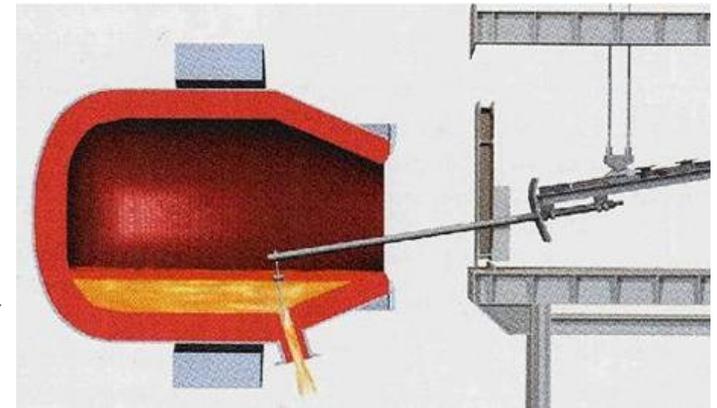
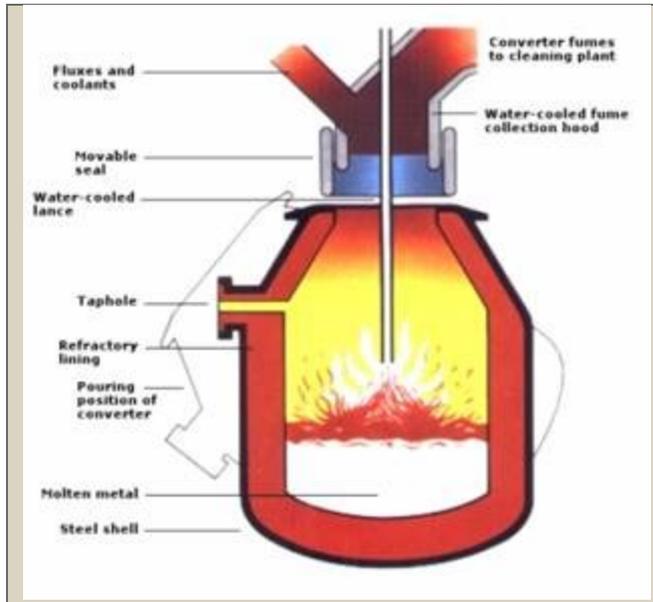


# Laitiers d'aciérie : Laitiers de convertisseur LD

Après décarburation de la fonte par soufflage d'oxygène,

le laitier qui surnage est séparé de l'acier liquide à l'aide d'un bol nageur, qui a une densité intermédiaire entre le laitier et l'acier et qui bloque le passage de laitier pendant la coulée en poche.

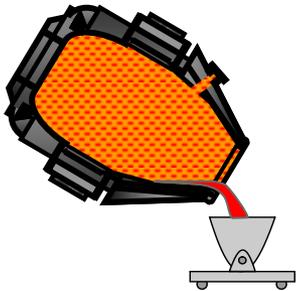
Le laitier récupéré dans des cuviers sont vidés dans les fosses de refroidissement.



charge = 300 t acier → 30 t de laitier (80-100 kg/t acier)

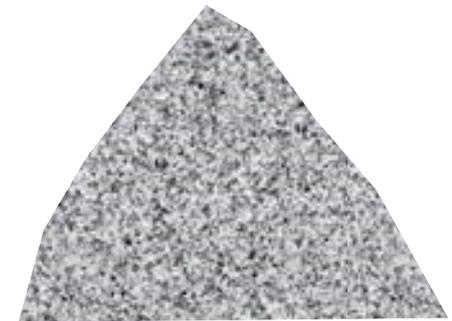


# Laitiers d'aciérie de convertisseur



CaO : 48 %  
Fe : 18 %  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 2%  
SiO<sub>2</sub> : 12 %  
MgO : 6.4 %  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 2 %

Production : 440 kt/an →



Stock 11 MT

## 5.1.4. REACH

Cette substance a été enregistrée par l'entité légale de Fos sur mer :

| Substance Name     | CAS        | EINECS    | Status     | Validation Date        | Registration Number   | Registration Date      |
|--------------------|------------|-----------|------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| Slags, steelmaking | 65996-71-6 | 266-004-1 | Registered | 10/26/2010 11:03:16 AM | 01-2119487457-23-0020 | 11/15/2010 11:59:23 AM |



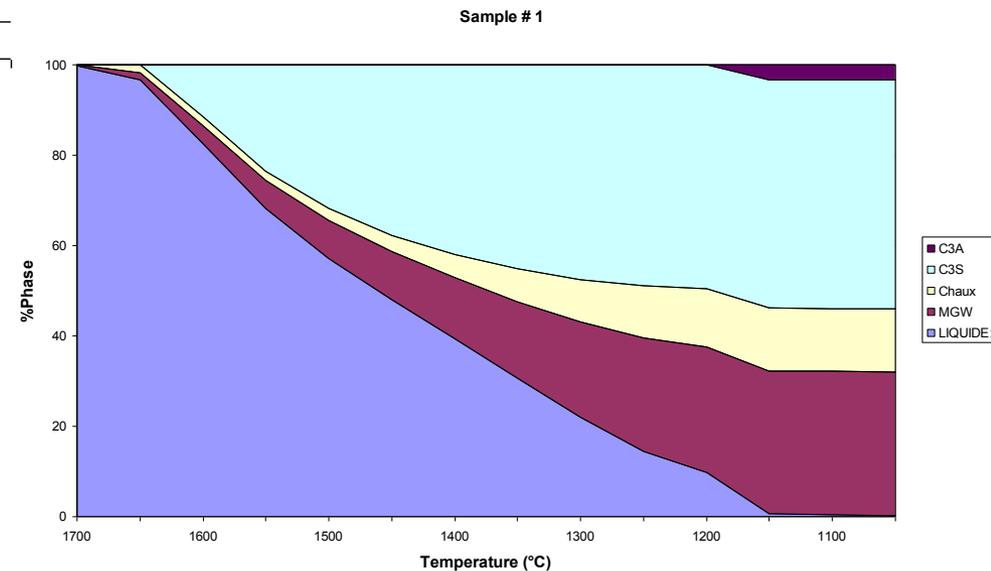
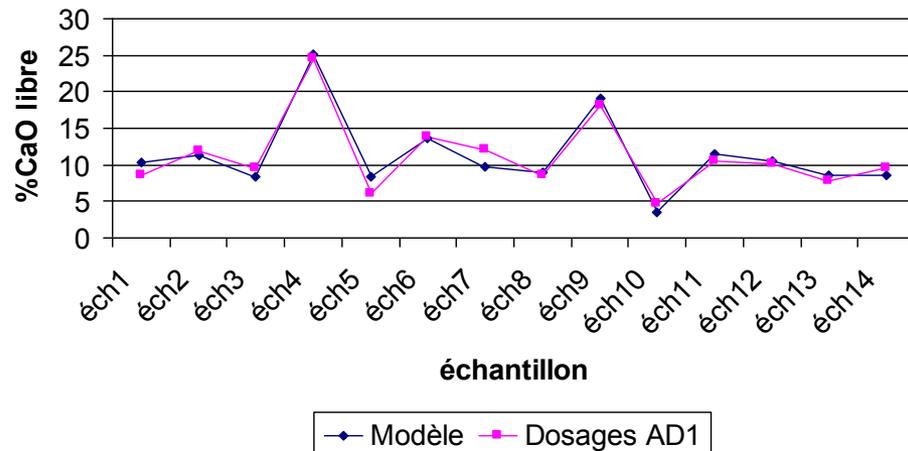
# STOP aux idées reçues !!

Le laitier d'aciérie, un **matériau délicat car sujet à Gonflement !!!**

- **Vrai** , car dans certains usages, après son hydratation, la chaux libre se libère et peut provoquer un éclatement.....
- **Mais**, nous pouvons apporter des solutions pour la maîtrise de ce gonflement dans certains usages et ce confirmer par des études.
- Sans oublier que l'apport de chaux est un avantage dans d'autres usages

# Création d'un modèle prédictif pour tri de laitiers LD

- Le tri de laitier en fonction de la chimie est possible à Fos
- Un modèle prédictif précis a été créé afin de trier les laitiers par rapport à la quantité de chaux libre pour le laitier après solidification





## Test de Maturation laitier LD



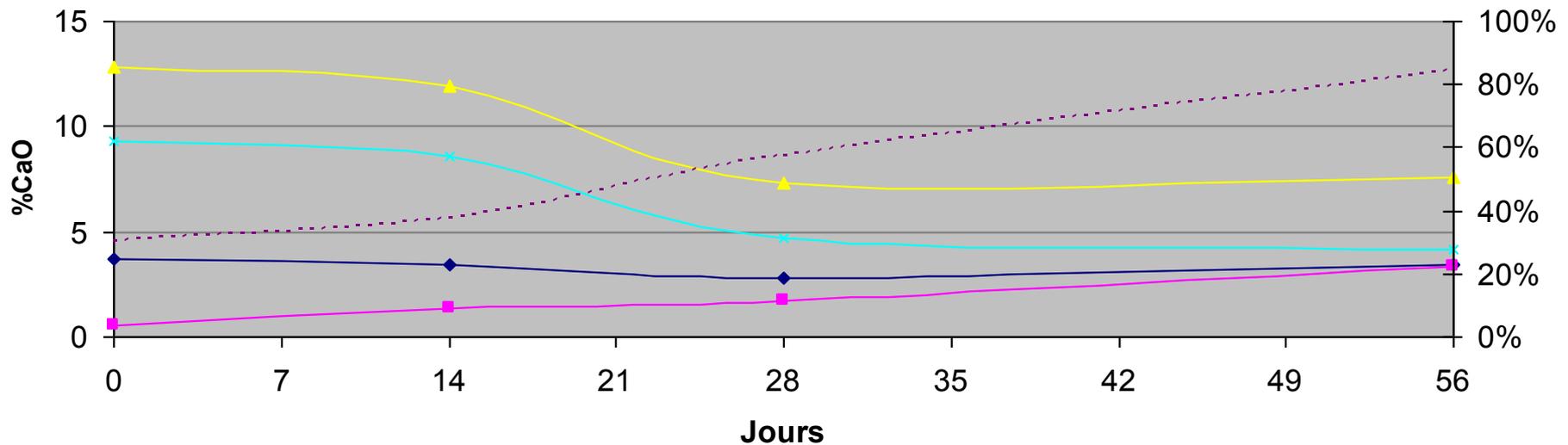
Afin de réduire les effets de l'expansion du laitier d'aciérie, maturation par arrosage et par brassage :

- 3 mois de maturation à l'air libre
- Granulat 0/20mm pour utilisation en technique routière



# Résultats des essais de Granulat mûré (LERM)

## Maturation Laitier LD



◆ Ca(OH)<sub>2</sub> exp. CaO   
 ■ CaCO<sub>3</sub> exp. CaO   
 ▲ CaO Leduc   
 × CaO résiduelle   
 ⋯ CaO mûrée

### Résultats

- Steam test (selon NF EN 1744-1) < 3%
- CaO résiduelle = 4,2%
- Pas de MgO libre (DRX)

### XP P 18-545 (chapitre 7.9, p.28)

- Steam test < 5% pour GNT ou GTLH et < 3,5% pour enrobés



# Les usages par granulométrie

|               |  | RÉGULATION DU PH DES SOLS  |  | GRANULATS ALTERNATIFS POUR LA CONSTRUCTION   | GRANULATS POUR LES MÉLANGES BÉTONS  | ENROCHEMENTS UTILISÉS EN MER  |
|---------------|--|--|--|--|---|---|
|               |  | LIANT HYDRAULIQUE ROUTIER  |  |  |   |   |
| GRANULOMÉTRIE |  | 0 <-> 200µm  | 200 <-> 650µm<br>200µm <-> 3,15mm  | 0-4mm<br>0-6mm<br>6-10mm<br>0-31,5mm   | 6 <-> 10mm  | 3 <-> 35mm<br>45 <-> 180 m  |
| MARCHÉS       |  | <u>Liant hydraulique routier</u><br><br><u>Stabilisation des sols</u><br><u>Agent de chaulage pour le marché agricole</u><br><br>> Fines obtenues principalement par broyage | <u>Agent de chaulage pour le marché agricole</u><br><br>> Granulométries liées aux normes par pays | <u>Usages en constructions routières et aménagements urbains</u><br><br>> Activité gérée en sous-traitance<br>> Volumes importants/gestion de la chaux libre | <u>Laitier d'aciérie stabilisé pour la confection de bétons lourds</u><br><br>> Blocs de béton pour la protection des côtes (granulats LAC à AM Gand) | <u>Laitiers de convertisseurs utilisés en mer</u><br><br>> Protection des côtes et des digues |
| VOLUMES       |  | 10-50 Ktonnes/an   | 20-100/150 Ktonnes/an  | 100-300 Ktonnes/an   | 10-30 Ktonnes/an  | 30 Ktonnes/1 Mtonnes par projet   |



## Usages du laitier d'aciérie

- revêtements routiers et autoroutiers,
- traitements de sol argileux, remblais, merlons, colonnes ballastées, plate-formes, pistes, GNT, GNT mixte (avec ajout de laitier de haut-fourneaux, enrochements terrestres,
- lest pour gabions (après études spécifiques),...
- ...



ArcelorMittal

## Merlons de protection



## Pistes non recouvertes (couche de base)



ArcelorMittal



en grave Laitier LD (0/6, 6/12) + Liant hydraulique Ecocem (6 à 8%)  
→ trafic important de Dumpers > 60 tonnes



# Développement de grave traitée au ciment



# Bassins de rétention de boues

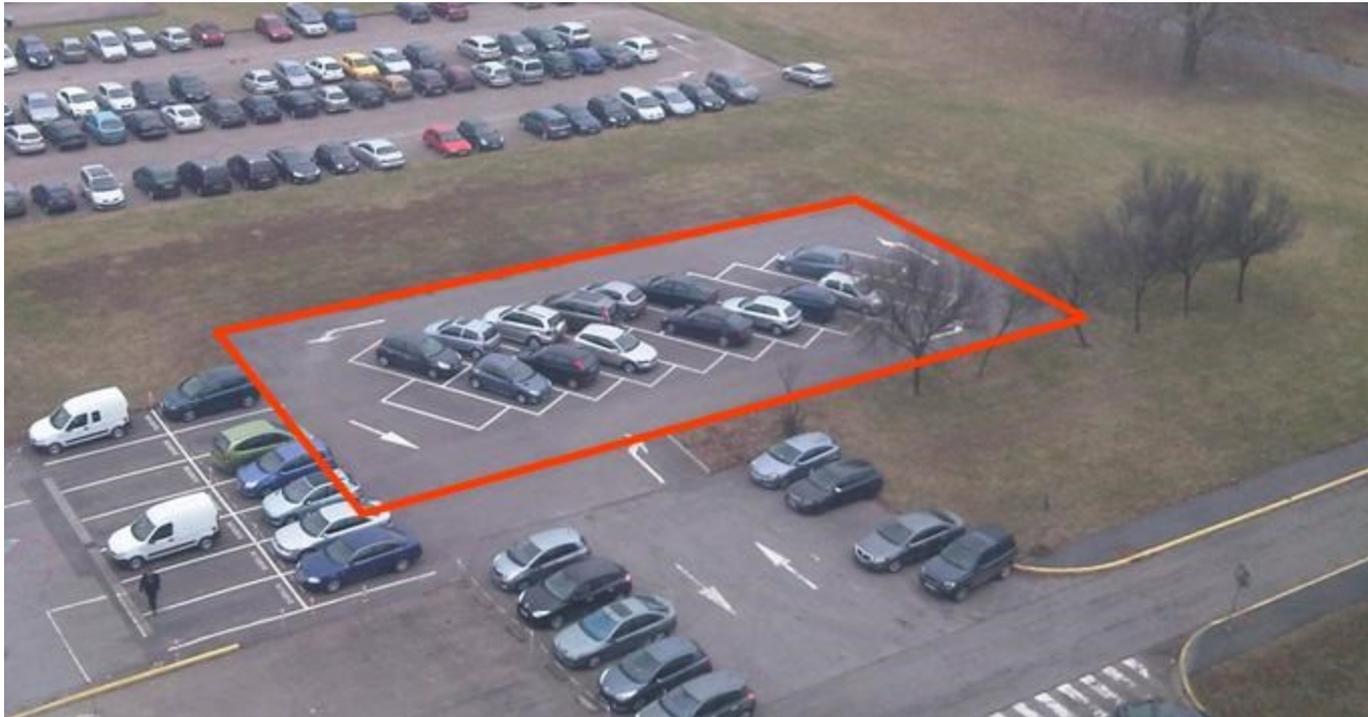
- for the dredging of polluted Hot Strip Mill lagoon
  - Surface of 1200m<sup>2</sup>/barricades for liquid sludge containing
  - Composed by 3% of Ecocem cement, 48,5% of 0/6mm LDS and 48,5% of 6/12mm LDS





## Sous couche recouverte, Parking à Florange

- *Project realised with the help of the external companies specialized in slag reuse.*
- *Project made with a specific mix of BOF slag and AC BF slag with a bituminous top layer*





## Caractéristiques :

- Le laitier d'aciérie est produit dans les granulométries standards suivantes :
- - 0/6, 6/12, 0/20, 20/40, 40/250 mm + recompositions 0/40, 12/20, 6/20, 0/250mm

| Classe granulaire | Caractéristiques mécaniques |                             | PROCTOR 0/20   |  |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|
|                   | LOS ANGELES<br>NF EN 1097-2 | MICRO DEVAL<br>NF EN 1097-1 | MODIFIE<br>OPM   | NORMAL<br>OPN  |
| 0/50              | 18                          | 13                          | Teneur en eau : 9.0 %<br>Masse volumique<br>seche t/m3 : 2.345 | Teneur en eau : 9.5 %<br>Masse volumique<br>seche t/m3 : 2.235 |

**Sétra**

Service d'études  
sur les transports,  
les routes et leurs  
aménagement

octobre 2012



ArcelorMittal

# Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière

*Les laitiers sidérurgiques* 

- Les laitiers d'Aciérie type LD, d'un point de vue environnemental, sont aussi utilisables en usage routier de type 2 (recouverts) et type 1 (revêtus) selon le guide d'acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière du Sétra d'octobre 2012.

**Guide SETRA**

<http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/dtrf>

# Protection des côtes soumises à l'érosion intensive

Dans ces six communes (Ars-en-Ré, Saint-Clément-des-Baleines, Les Portes, La Couarde, Loix, Sainte-Marie), les dunes ont reculé ces derniers jours de plusieurs mètres, jusqu'à 20 mètres par endroits.



▲ Le sable des dunes du littoral de l'île de Ré a reculé de 20 mètres par endroits.  
© PHOTO XAVIER LÉOTY



▲ À Souillac, l'immeuble Le Signal est en sursis.  
© PHOTO THEILLET LAURENT

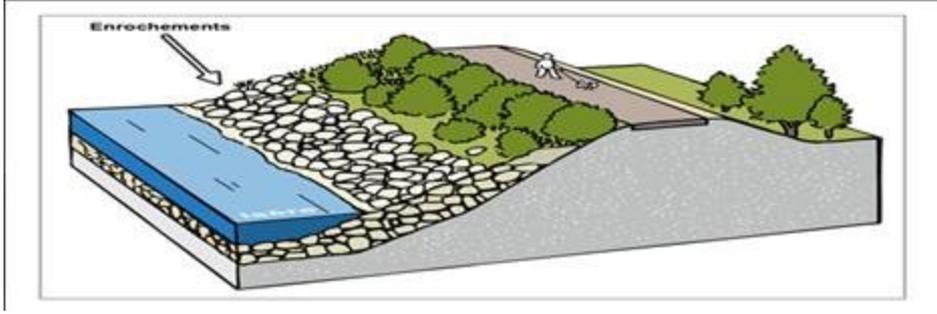


▲ La plage centrale de Montalivet a été très touchée par les fortes vagues.  
© PHOTO JULIEN LESTAGE



17/02/2014 | Souillac, Montalivet, Lacanau... les côtes du Médoc sont celles qui ont le plus souffert en France des tempêtes de l'hiver avec un niveau d'érosion historique

# Protection des côtes soumises à l'érosion intensive



Example of coast protection design used in France



Coast protection in Nederland



# Renforcement des berges de fleuves et protéger contre l'érosion



ArcelorMittal



- Laitier de forte densité en vrac:  $\sim 2 \text{ t/m}^3$
- Possibilité de préparer une large gamme de granulométries,
- Pas de pollution observé en lien avec l'usage de ce matériau
- Respect d'une réglementation spécifique pour cet usage
- Matériel simple à transporter depuis une usine en bord de fleuve ou en bord de mer



# Laitiers de Convertisseurs

## Développement de béton en laitier CV + Ecocem



ArcelorMittal

- Sur le même principe que pour la grave traitée au ciment, un mortier maigre a été développé ;
- Des tests de compression ont été réalisés avec de l'Ecocem, laitier moulu de HFx
  - Bons résultats pour l'application mortier maigre et bonne tenue dans le temps avec une faible réaction dans la présence d'eau (échantillons gardés dans l'eau pour 1 an et 3 mois.

|  | Formulation     |        |        |     | Échéance (jrs) de résistance Compression (Mpa) |     |    |    |      |      |
|--|-----------------|--------|--------|-----|--|-----|----|----|------|------|
|  | 0/6 LD          | 0/3 LD | Ecocem | Eau | 7  | 14  | 28 | 90 | 460j |      |
|  <p>mortiers aspect "béton"</p> | masses          | 0      | 1500   | 135 | 350  | ∅   | -  | 5  | 6    | -    |
|  | % (LD / Ecocem) |        | 90%    | 10% |  |     |    |    |      |      |
|  | % sur total     | 0%     | 76%    | 7%  | 18%  |     |    |    |      |      |
|  | masses          | 0      | 1249   | 416 | 350  | 8,9 | -  | 12 | 16   | 19,8 |
|  | % (LD / Ecocem) |        | 75%    | 25% |  |     |    |    |      |      |
|  | % sur total     | 0%     | 62%    | 21% | 17%  |     |    |    |      |      |
|  | masses          | 1500   | 0      | 166 | 316  | 3,8 | -  | 6  | 6    | -    |
|  | % (LD / Ecocem) | 90%    |        | 10% |  |     |    |    |      |      |
|  | % sur total     | 76%    | 0%     | 8%  | 16%  |     |    |    |      |      |
|  | masses          | 1249   | 0      | 416 | 316  | 9,7 | -  | 14 | 17   | 22,1 |
|  | % (LD / Ecocem) | 75%    |        | 25% |  |     |    |    |      |      |
|  | % sur total     | 63%    | 0%     | 21% | 16%  |     |    |    |      |      |





ArcelorMittal

## Concrete artifacts :

- Internal construction :
  - Occupational Health Building

- Maintenance Area Building Sidewalk
  - Environmental Center Building

## External use :

- Structure Protection - Concrete blocks - Paving bricks application on streets



# Laitiers de Convertisseurs

## Développement de blocs de béton (Harsco)



ArcelorMittal



- Blocs en béton de laitier (1,2t de 12/20mm LD par m<sup>3</sup> + 0/6mm calcaire + ciment) ;
- Dalles en béton de même composition + fibres inox ;
- Etudes de performance réalisées avec le CETE d'Aix.

Produit développé à l'objectif de construire les casiers pour le projet de valorisation de réfractaires usagés à Fos. Les dalles en béton ont été réalisées sur une base de laitier LD 0/20mm mûré (vieillessement forcé avec expansivité < 3% selon NF EN 1744-1).





ArcelorMittal

# Récifs artificiels pour le développement des coraux

Après 9 mois





ArcelorMittal

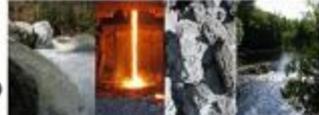
# Ballast pour ouvrage maritime



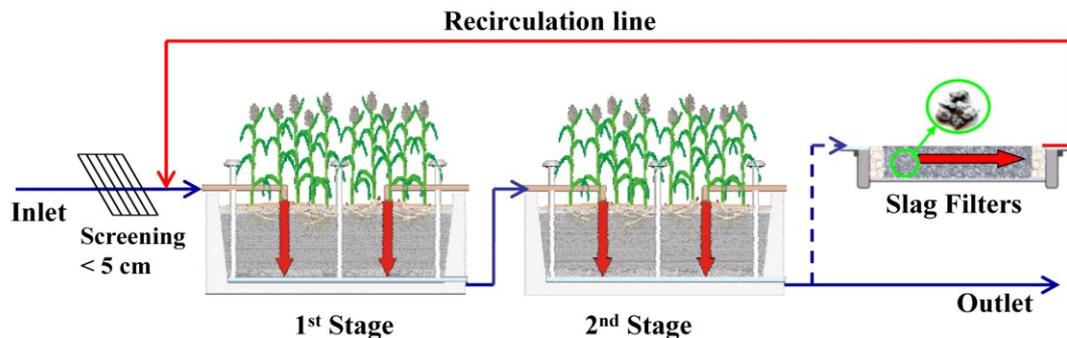
# Traitement du phosphore des eaux usées

- Problématique du phosphore en Europe
  - Rejet = Eutrophisation des eaux de surface
- Pour petites moyennes installations d'épuration (1 à 2000 équivalent habitants)
  - Limites des traitements conventionnels
  - Technique physico-chimique
- Choix du média de filtration
  - Filtres placés en fin de traitement et garnis de:

Enlever le phosphore des eaux usées avec des laitiers sidérurgiques :  
SLASORB, le projet Européen qui voit les choses en grand!!!  
Contact : [David.Cibacero@ArcelorMittal.com](mailto:David.Cibacero@ArcelorMittal.com) site web : <http://www.slasorb-europe.com>



Introduction SLASORB: le Consortium

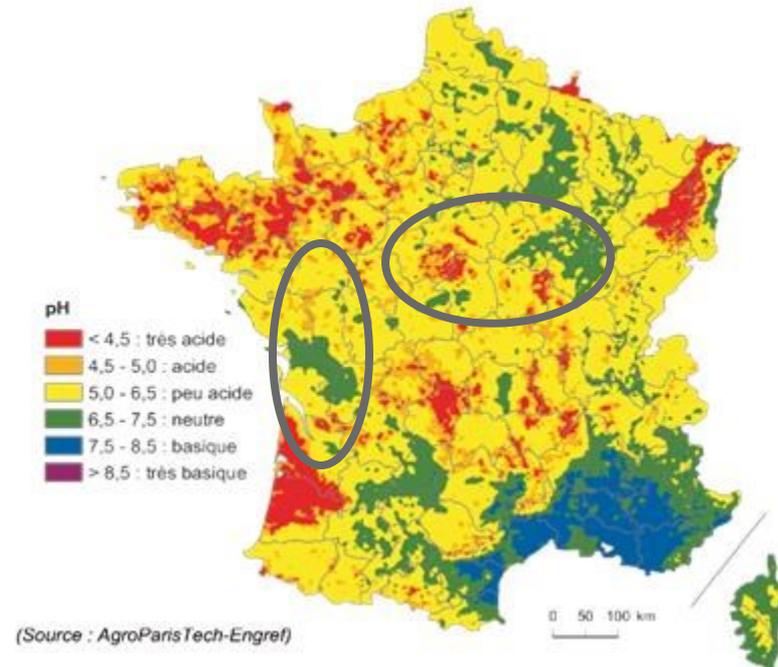


# Amendement agricole (NFU 44001)



ArcelorMittal

- - régulation du pH des sols à travers la teneur en chaux et magnésie du laitier,
- - la teneur en silice et ses effets sur les sols,
- Les silicates de calcium et la chaux incluse dans les scories d'amendement concourent à la forte Valeur Neutralisante.
- - la présence d'éléments traces disponibles pour la plante et utiles pour sa croissance.



**l'agriculture** : amendements minéraux basiques, ...

<http://www.ctpl.info/publications/revue-laitiers-siderurgiques/>





# Validations techniques et environnementales couverts par la réglementation en France

## → Construction:

Usages routiers couverts/non recouverts encadrés par le **guide SETRA** d'acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière – Les laitiers sidérurgiques (Octobre 2012) et normes routes.

## → Agriculture:

Fines de laitiers de convertisseur utilisées comme amendement calcique sidérurgique suivant la norme française **NFU 44001**

## → Protection des côtes / enrochements: usages en mer:

Existence de la norme **NF EN 13383-1:2003-08**: Enrochements –

→ **Pas de réglementation nationale spécifique existante en France décrivant les limites environnementales à respecter pour un usage en mer des laitiers de convertisseur**

# Qualité laitier

Le site de Fos sur Mer  
est certifié

ISO 9001 depuis 2011

pour la production

de laitier granulé/cristallisé

et de laitier d'aciérie



**Certificat**  
Certificate

N° 1992/22459.6

AFNOR Certification certifie que le système de management mis en place par :  
AFNOR Certification certifies that the management system implemented by:

**ARCELORMITTAL MEDITERRANEE**

pour les activités suivantes :  
for the following activities:

PRODUCTION DE FONTE ET DE COKE METALLURGIQUE; PRODUCTION DE LAITIER GRANULE, DE LAITIER D'ACIERIE ET D'OXYDES DE FER.  
CONCEPTION, PRODUCTION, VENTE ET CESSION INTERNE D'ACIER DDOUX AU CARBONE ET FAIBLEMENT ALLIE, EN BRAMES ET TOLES LAMINEES A CHAUD, NOIRES ET DECAPEES, EN BOBINE REFENDUES ET EN FEUILLES.

PRODUCTION OF METAL CAST IRON AND COKE; PRODUCTION OF GRANULATED SLAG, BASIC OXYGEN FURNACE SLAG AND IRON OXIDE.  
DESIGN, PRODUCTION, SALE AND INTERNAL TRANSFER OF LOW-CARBON STEEL IN SLABS AND HOT-ROLLED SHEETS, BLACK AND PICKLED, IN SLIT COILS AND SHEETS.

a été évalué et jugé conforme aux exigences requises par :  
has been assessed and found to meet the requirements of:

**ISO 9001 : 2008**

et est déployé sur les sites suivants :  
and is developed on the following locations:

Usine de Fos-Sur-Mer FR-13776 FOS SUR MER CEDEX  
Arcelormittal FCE LU-2930 LUXEMBOURG  
Arcelormittal Research & development BP 30320 FR-57283 MAIZERES LES METZ CEDEX  
Arcelormittal Purchasing FR-53212 LA PLAINE SAINT-DENIS CEDEX

Ce certificat est valable à compter de (parabole/à compter de)  
This certificate is valid from (parabole/à compter de)

2014-06-26

Jusqu'à  
until

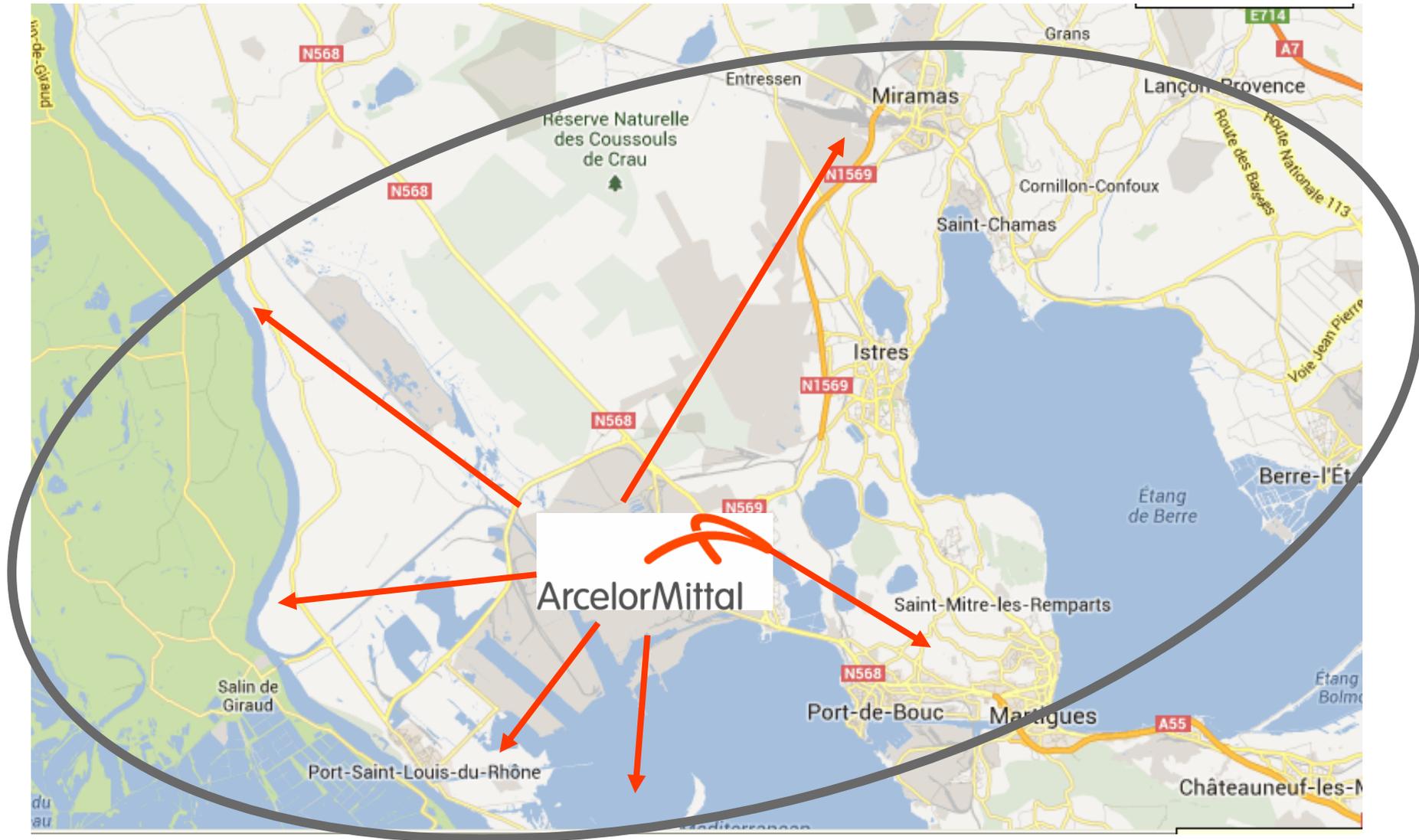
2016-04-13

Directeur Général d'AFNOR Certification  
Managing Director of AFNOR Certification

F. MÉAUX

AFNOR Certification est une marque déposée de AFNOR Certification. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de AFNOR Certification est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de AFNOR Certification est formellement interdite. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de AFNOR Certification est formellement interdite.

# Les laitiers sidérurgiques : de véritables matériaux alternatifs compétitifs





## En Conclusion

- Utilisation de matériaux alternatifs dans le cadre du développement durable → **choix délibéré**
- **Empreinte environnementale réduite** (leur production propre ne génère aucun rejet supplémentaire par rapport à la production, incontournable, d'acier),
- **Préservation des ressources naturelles**, comme granulats le laitier est très économique
- **Densité** pour certains ouvrages (enrochements contre l'érosion)
- **Dureté, propriétés anti-glissement** : augmentation de la sécurité
- **Propriétés** identiques à celles d'un basalte
- **Caractéristiques environnementales et géotechniques** peu variables et resserrées
- Assurer aux clients une parfaite **maîtrise des risques environnementaux et techniques** de nos co-produits, par des études et essais préalables.

**Merci**



**ArcelorMittal.Méditerranée  
Site de Fos sur Mer**

**Contact commercial : Laurent Montalbano  
04 42 47 31 43**

**[laurent.montalbano@arcelormittal.com](mailto:laurent.montalbano@arcelormittal.com)**

**Contact technique : Bernardo Junqueira de Mattos  
04 42 47 26 37**

**[bernardo.junqueira-demattos@arcelormittal.com](mailto:bernardo.junqueira-demattos@arcelormittal.com)**