



# LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

13-14 JUIN 2019 - DUNKERQUE



QUAND LES TALENTS  
GRANDISSENT,  
LES COLLECTIVITÉS  
PROGRESSENT

# ATELIER 11

## LES MACHEFERS ET SÉDIMENTS DE DRAGAGE : UTILISATION POUR LES ROUTES ET LES ESPACES PUBLICS

LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE  
LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE  
13-14 JUIN 2019 - DUNKERQUE



QUAND LES TALENTS  
GRANDISSENT,  
LES COLLECTIVITÉS  
PROGRESSENT

# LES MÂCHEFERS D'INCINERATION DE DECHETS NON DANGEREUX ET LES SEDIMENTS DE DRAGAGE

## Présentation générale des utilisations en techniques routières

Patrick VAILLANT



**Cerema**

Centre d'études et d'expertise sur les risques,  
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Chef du Groupe des Infrastructures de Transport

Cerema Centre – Est / Département Laboratoire d'Autun

[patrick.vaillant@cerema.fr](mailto:patrick.vaillant@cerema.fr)

LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE  
LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE  
13-14 JUIN 2019 - DUNKERQUE



*Cmpt*

QUAND LES TALENTS  
GRANDISSENT,  
LES COLLECTIVITÉS  
PROGRESSENT

# La méthodologie d'évaluation environnementale

## Guide méthodologique

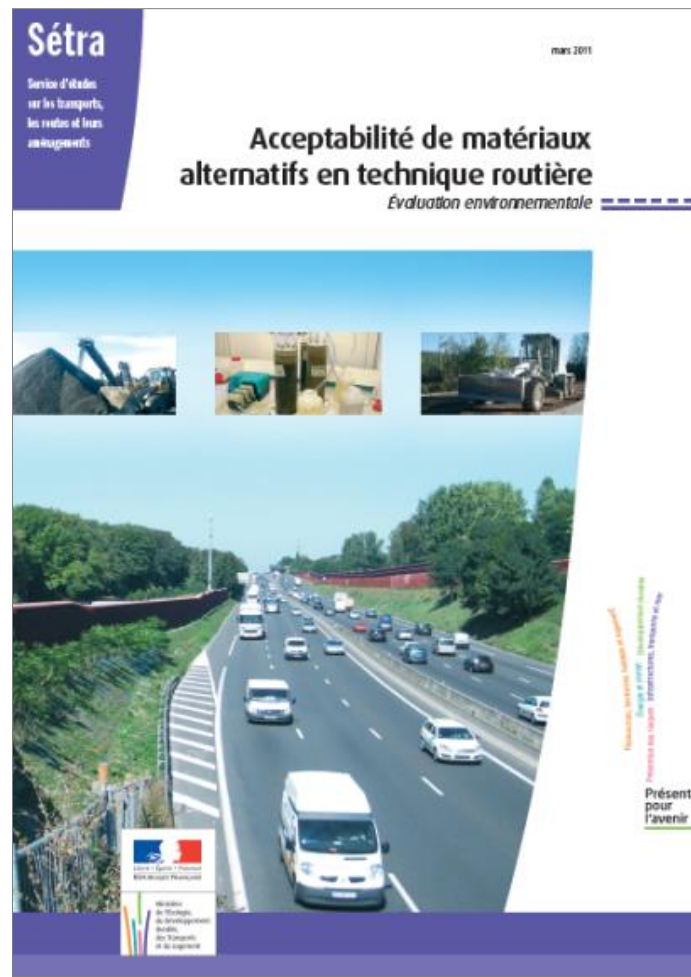
### Acceptabilité de matériaux alternatifs en technique routière

-

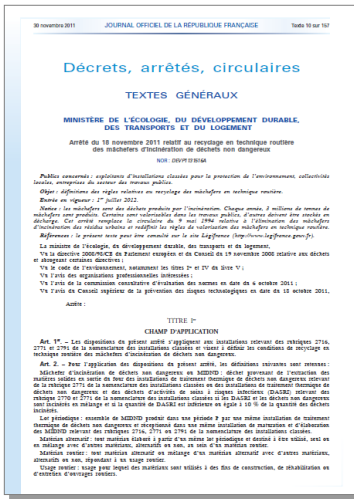
### Evaluation environnementale

Sétra – Mars 2011

Référence : 1101



# Une méthodologie éprouvée...



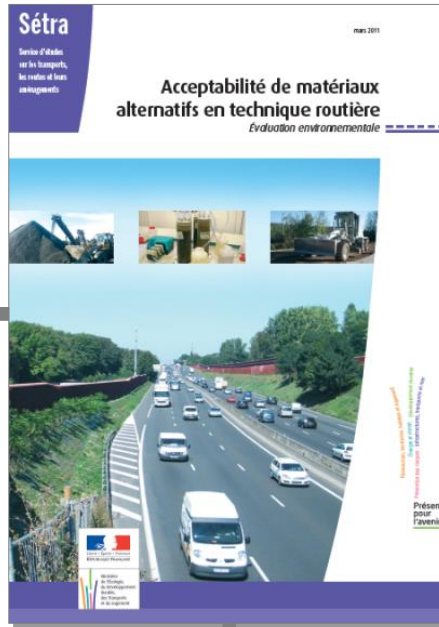
AM 18/11/11



Octobre 2012

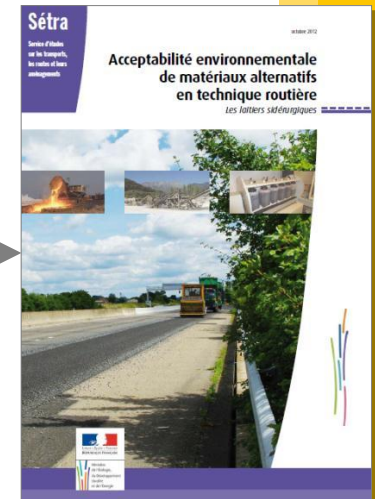
MIDND

MIDND



- Sables de fonderie (2019)
- Cendres de centrale thermique (2019)
- Sédiments de dragage (2020)
- Terres excavées (2020)

Laitiers



Octobre 2012

BTP



Janvier 2016



## Arrêté ministériel du 18/11/11

### relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux

**NOR : DEVP1131516A**

## Arrêté ministériel du 27/07/12

### modifiant divers arrêtés relatifs au traitement de déchets

**NOR : DEVP1230939A**

## Décrets, arrêtés, circulaires

### TEXTES GÉNÉRAUX

#### MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

Arrêté du 18 novembre 2011 relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux

NOR : DEVP1131516A

*Publics concernés : exploitants d'installations classées pour la protection de l'environnement, collectivités locales, entreprises du secteur des travaux publics.*

*Objet : définitions des règles relatives au recyclage des mâchefers en technique routière.*

*Entrée en vigueur : 1<sup>er</sup> juillet 2012.*

*Notice : les mâchefers sont des déchets produits par l'incinération. Chaque année, 3 millions de tonnes de mâchefers sont produits. Certains sont valorisables dans les travaux publics, d'autres doivent être stockés en décharge. Cet arrêté remplace la circulaire du 9 mai 1994 relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains et redéfinit les règles de valorisation des mâchefers en technique routière.*

*Références : le présent texte peut être consulté sur le site Légifrance (<http://www.legifrance.gouv.fr>).*

Le ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,

Vu la directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives ;

Vu le code de l'environnement, notamment les titres I<sup>er</sup> et IV du livre V ;

Vu l'avis des organisations professionnelles intéressées ;

Vu l'avis de la commission consultative d'évaluation des normes en date du 6 octobre 2011 ;

Vu l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques en date du 18 octobre 2011,

Arrête :

#### TITRE I<sup>er</sup>

##### CHAMP D'APPLICATION

**Art. 1<sup>er</sup>.** – Les dispositions du présent arrêté s'appliquent aux installations relevant des rubriques 2716, 2771 et 2791 de la nomenclature des installations classées et visent à définir les conditions de recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux.

**Art. 2.** – Pour l'application des dispositions du présent arrêté, les définitions suivantes sont retenues :  
Mâchefer d'incinération de déchets non dangereux ou MIDND : déchet provenant de l'extraction des matières solides en sortie du four des installations de traitement thermique de déchets non dangereux relevant de la rubrique 2771 de la nomenclature des installations classées ou des installations de traitement thermique de déchets non dangereux et des déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI) relevant des rubriques 2770 et 2771 de la nomenclature des installations classées si les DASRI et les déchets non dangereux sont incinérés en mélange et si la quantité de DASRI est inférieure ou égale à 10 % de la quantité des déchets incinérés.

Lot périodique : ensemble de MIDND produit dans une période P par une même installation de traitement thermique de déchets non dangereux et réceptionné dans une même installation de maturation et d'élaboration des MIDND relevant des rubriques 2716, 2771 ou 2791 de la nomenclature des installations classées.

Matériau alternatif : tout matériau élaboré à partir d'un même lot périodique et destiné à être utilisé, seul ou en mélange avec d'autres matériaux, alternatifs ou non, au sein d'un matériau routier.

Matériau routier : tout matériau alternatif ou mélange d'un matériau alternatif avec d'autres matériaux, alternatifs ou non, répondant à un usage routier.

Usage routier : usage pour lequel des matériaux sont utilisés à des fins de construction, de réhabilitation ou d'entretien d'ouvrages routiers.

# Guide d'application

## Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière

-

## Les mâchefers d'incinération de déchets non-dangereux

Sétra – Octobre 2012

Référence : 1221



**DECHET**

**VALORISATION**

**OUVRAGE ROUTIER**



*Mâchefer d'incinération de déchets non dangereux*



Crédit photo : USIRF



**DECHET**

**I  
C  
P  
E**

**OUVRAGE ROUTIER**



Type de matériel :

- fixe ou mobile

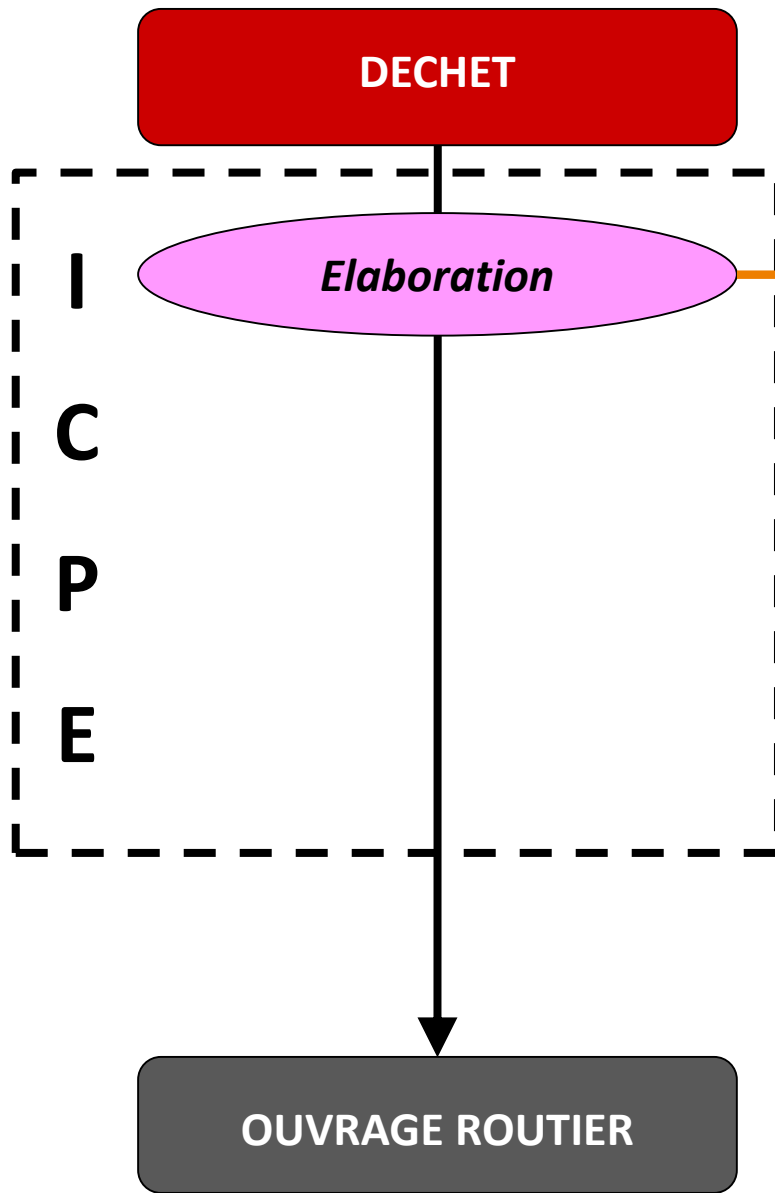
Type d'installation :

- permanente ou temporaire

Rubriques ICPE (en général) :

- 2791 & 2716

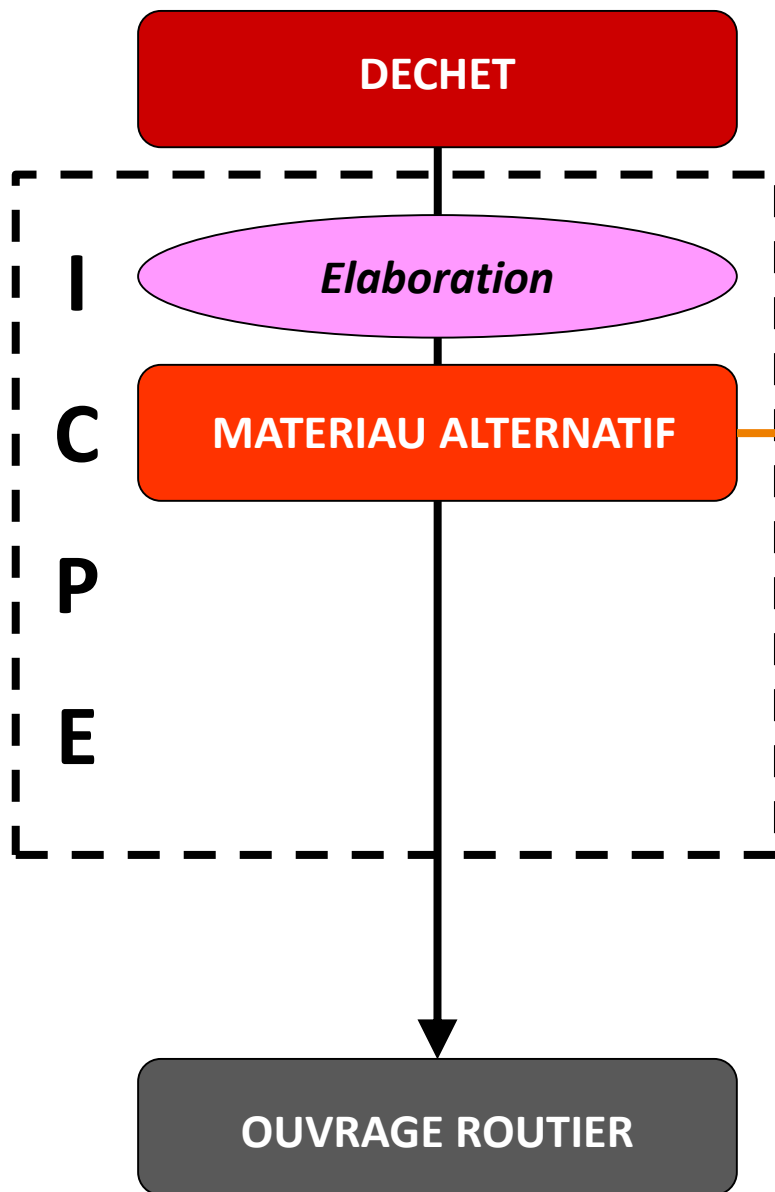
- par connexité (2771)



Credit photos : Eurovia

**Type de traitement :**

- **Extraction des éléments métalliques**
- **Extraction des imbrûlés légers**
- **Calibrage par concassage/criblage**
- **Maturation**



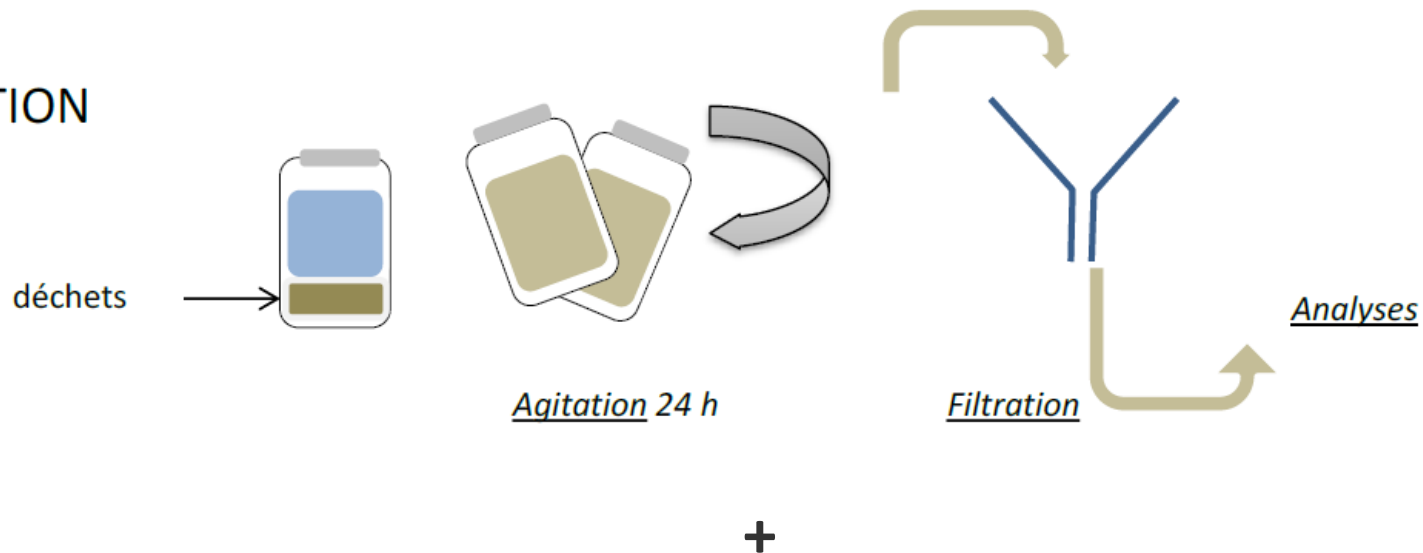
*Matériau alternatif = mâchefer élaboré*

*Un mâchefer élaboré est un constituant, éventuellement unique d'une grave de mâchefer*

# Vérification de la conformité environnementale

## ANALYSE EN LIXIVIATION NF EN 12457-2 (ETMM, sels)

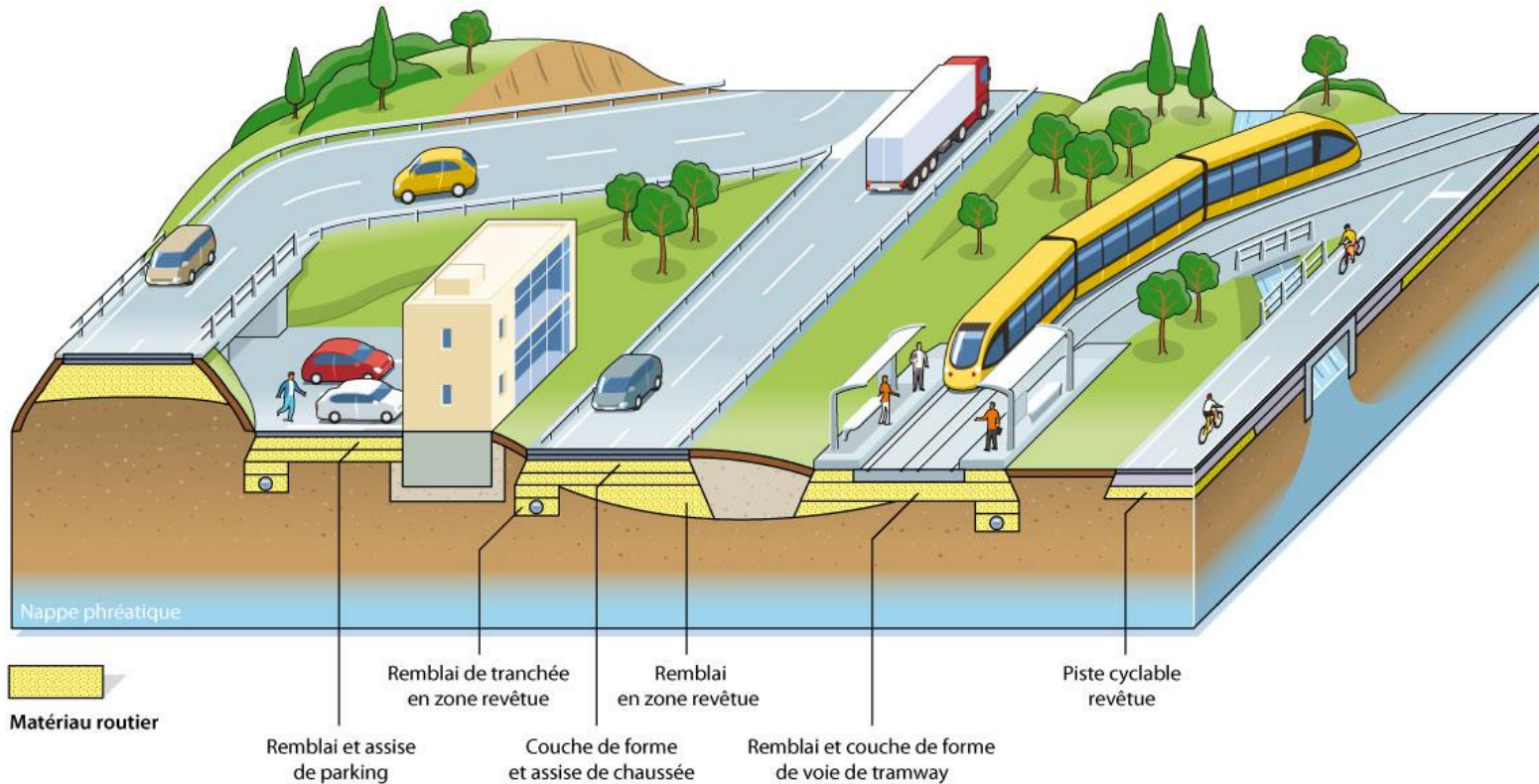
LIXIVIATION



## ANALYSE EN CONTENU TOTAL (ORGANIQUES)

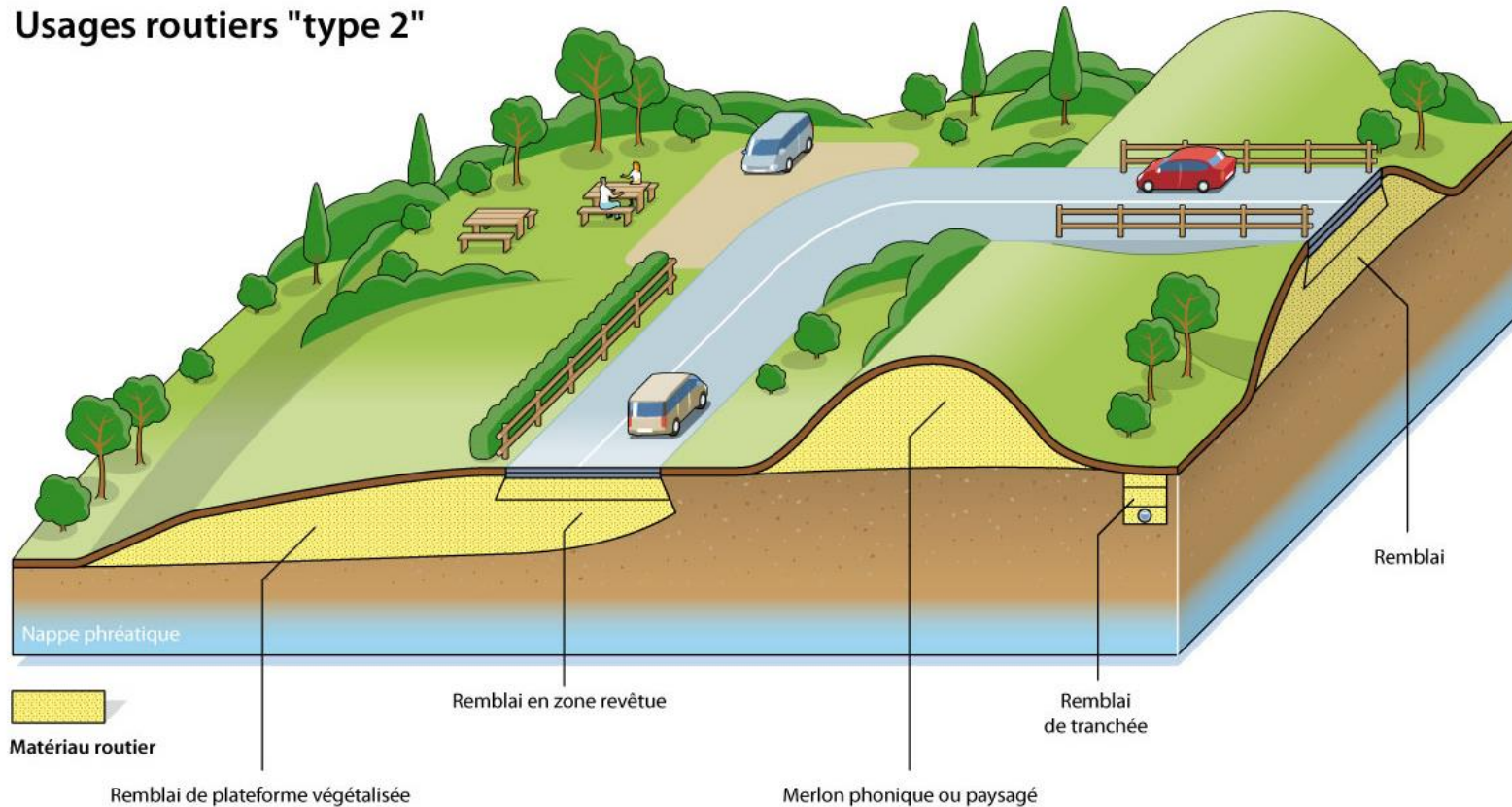
# Les usages de type 1 ou « revêtus »

## Usages routiers "type 1"



# Les usages de type 2 ou « recouverts »

## Usages routiers "type 2"



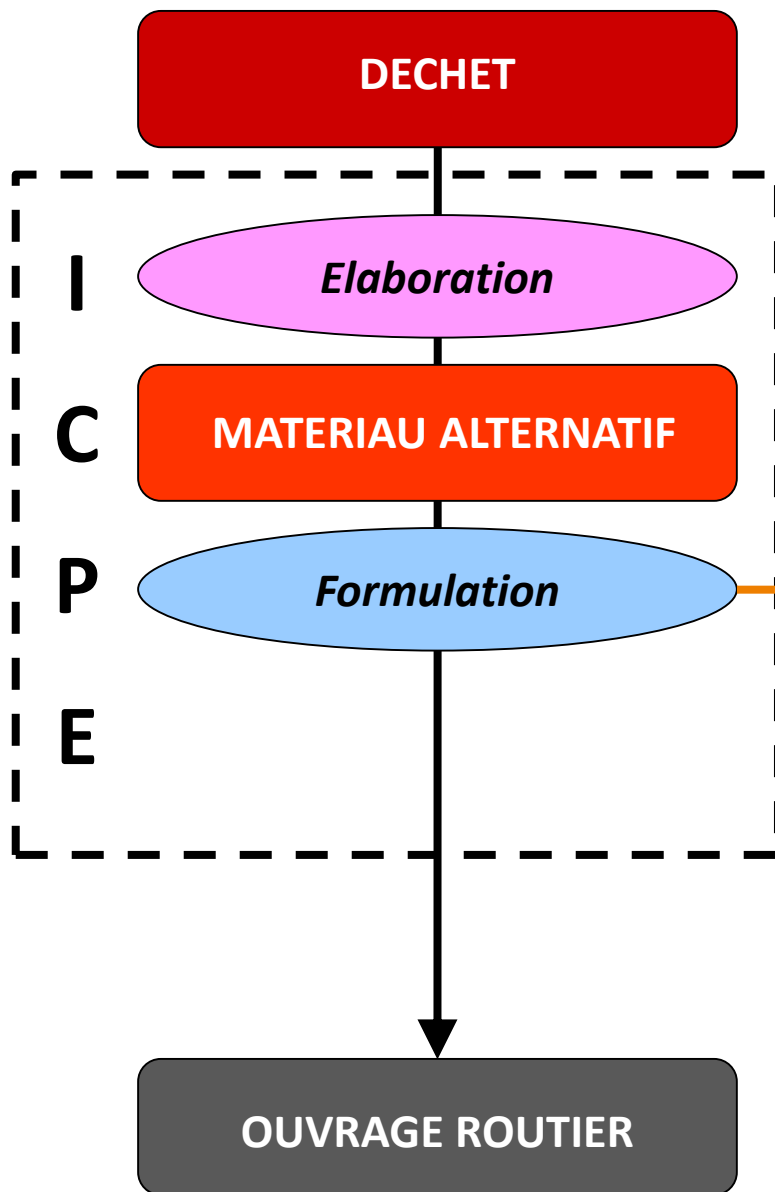
# Référentiel de conformité environnementale

| Paramètre<br>Comportement à la lixiviation | Valeur limite à respecter exprimée en mg/kg de matière sèche |                           |
|--|--|---------------------------|
|  | V1   | V2                        |
|  | Usages routiers de type 1                                    | Usages routiers de type 2 |
| As / Arsenic                               | 0,6  | 0,6                       |
| Ba / Baryum                                | 56   | 28                        |
| Cd / Cadmium                               | 0,05   | 0,05                      |
| Cr total / Chrome total                    | 2  | 1                         |
| Cu / Cuivre                                | 50   | 50                        |
| Hg / Mercure                               | 0,01   | 0,01                      |
| Mo / Molybdène                             | 5,6  | 2,8                       |
| Ni / Nickel                                | 0,5  | 0,5                       |
| Pb / Plomb                                 | 1,6  | 1                         |
| Sb / Antimoine                             | 0,7  | 0,6                       |
| Se / Sélénium                              | 0,1  | 0,1                       |
| Zn / Zinc                                  | 50   | 50                        |
| F <sup>-</sup> / Fluorures                 | 60   | 30                        |
| Cl <sup>-</sup> / Chlorures *              | 10 000   | 5 000                     |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / Sulfates * | 10 000   | 5 000                     |
| FS / Fraction soluble *                    | 20 000   | 10 000                    |

# Référentiel de conformité environnementale

| Paramètre<br>Teneur intrinsèque en éléments<br>polluants                          | Valeur limite à respecter                            |                                 |
|---|--|---------------------------------|
|   | V1<br>Usages routiers de type 1                      | V2<br>Usages routiers de type 2 |
| COT (carbone organique total)   | 30 g/kg de matière sèche                             |                                 |
| BTEX (benzène, toluène,<br>éthylbenzène et xylènes)                               | 6 mg/kg de matière sèche                             |                                 |
| PCB (polychlorobiphényles 7<br>congénères : 28, 52, 101, 118, 138,<br>153 et 180) | 1 mg/kg de matière sèche                             |                                 |
| Hydrocarbures (C10 à C40)   | 500 mg/kg de matière sèche                           |                                 |
| HAP (hydrocarbures aromatiques<br>polycycliques)                                  | 50 mg/kg de matière sèche                            |                                 |
| Dioxines et furannes*   | 10 ng I-TEQ <sub>OMS 2005</sub> /kg de matière sèche |                                 |

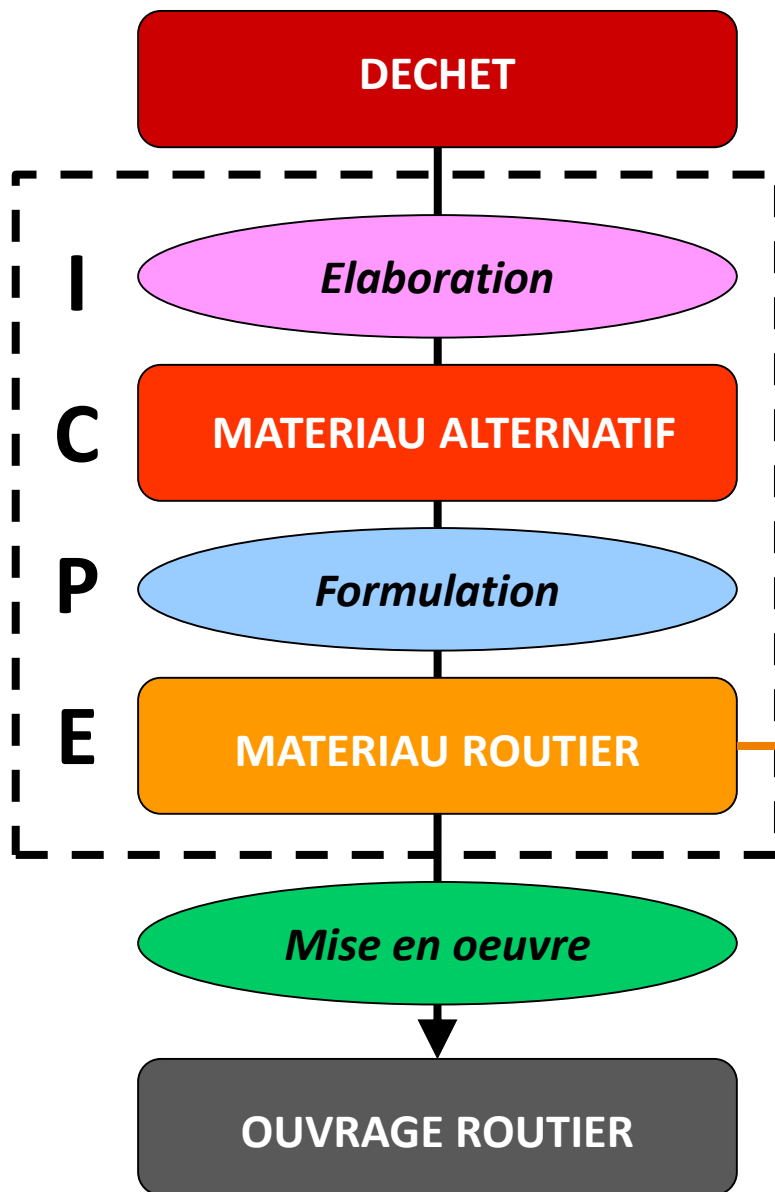




Crédit photo : Eurovia

**Type de traitement :**

- **recomposition granulaire**
- **traitement aux liants hydrauliques**  
(ciment ou liants hydrauliques routiers)
- **traitement aux liants hydrocarbonés**  
(à froid à l'émulsion ou à la mousse de bitume)



Crédit: photo : Eurovia

*Matériau routier = grave de mâchefer*

*Une grave de mâchefer est un matériau apte à quitter l'IME pour être mis en œuvre en l'état sur les chantiers routiers*

# Limitations d'usage liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage et à la mise en œuvre de la conformité environnementale

## ❖ L'utilisation de graves de mâchefer est interdite :

- Dans les zones inondables et à moins de 50 cm des plus hautes eaux cinquantennales ou, à défaut des plus hautes eaux connues
- À moins de 30 m de tout cours d'eau, y compris les étangs et les lacs. Cette distance est portée à 60 mètres si l'altitude du lit du cours d'eau est inférieure de plus de 20 mètres à celle de la base de l'ouvrage et dans les zones NATURA 2000 (L414-1 du CE)
- Dans les périmètres de protection rapprochée des captages AEP
- Dans les zones couvertes par une servitude d'utilité publique instituée au titre de la protection de la ressource en eau (L.414-1 du CE)
- Dans les parcs nationaux
- Dans les zones de karsts affleurants

## ❖ Les stocks temporaires sur chantier doivent être limités et ne jamais excéder 1000 m<sup>3</sup>

# Fiche d'information

**FICHE DE RECOMMANDATIONS ET DE SUIVI DES MATÉRIAUX ROUTIERS À BASE DE MÂCHEFER**

**EXEMPLE PARTICIPANT À PRÉSERVER LES RESSOURCES NATURELLES PAR L'EMPLOI DES GRAVES DE MÂCHEFER**

**1- Producteur**

Insulation de fabrication et d'habitation : Non  
 Adresse : Adressa

**2- Maître d'ouvrage**

Nom : SOCIÉTÉ  
 Adresse : Adressa

**3- RESPONSABLE DE LA MISE EN ŒUVRE**

Nom : SOCIÉTÉ  
 Adresse : Adressa

**4- Ouvrier**

Adresse : Adressa  
 Date : 20/05/2019  
 Nature de l'ouvrage :

**5- Données d'emploi**

| Usages routiers de type 2 |                          | Usages routiers de type 1 |                          |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Rendita technique         | <input type="checkbox"/> | Couche d'assise           | <input type="checkbox"/> |
| Rendita de tranchée       | <input type="checkbox"/> | Couche de forme           | <input type="checkbox"/> |
| Couche d'assise           | <input type="checkbox"/> | Rendita sous ouvrage      | <input type="checkbox"/> |
| Autre, préciser :         |                          | Rendita de tranchée       | <input type="checkbox"/> |
|                           |                          | Autre, préciser :         |                          |

**6- Matériau**

Nom : Norme Produit  
 Grava de mâchefer non formata  Grava de mâchefer formata  Grava de mâchefer stable

**7-Préconisations réglementaires arrêtées au 10 novembre 2011**

**Orbita de recyclage liée à la nature de l'usage routier :**  
 Les usages routiers sont les usages, au sein d'ouvrages routiers revêtus ou non revêtus, des types 1 et 2 définis ci-dessus.  
 Les usages routiers de type 1 sont les usages d'au plus trois mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus.  
 Les usages routiers de type 2 sont les usages d'au plus six mètres de hauteur en rendita technique connue à l'infrastructure routière ou en accotement, des lots qui n'ont été changés au sein d'ouvrages routiers revêtus.  
 Sont également des usages routiers de type 2 les usages de plus de trois mètres et d'au plus six mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accotement d'ouvrages routiers revêtus.  
 Un ouvrage routier est réputé revêtu si sa couche de surface est réalisée à l'aide d'asphalte, d'enrobés bitumineux, d'enrobés superficiels d'asphalte, de béton de ciment ou de pavés poreux par un matériau lié et si elle présente en tout point une pente minimale de 1 %.  
 Un ouvrage routier est réputé non revêtu si les matériaux routiers qui y sont présents sont recouverts par au moins 30 centimètres de matériaux naturels ou équivalents et n'y présente en tout point de son enveloppe extérieure une pente minimale de 5 %.  
 L'utilisation de matériaux routiers est interdite pour la réalisation de systèmes drainants.  
 L'utilisation des matériaux dans le but de réaliser des travaux de préajustement est interdite.

**Orbita de recyclage liée à l'environnement immédiat de l'ouvrage routier :**  
 L'utilisation de matériaux routiers doit se faire :

- en dehors des zones inondables et à une distance minimale de 50 m des plus faibles eaux circulatrices ou, à défaut, des plus faibles eaux courantes ;
- à une distance minimale de 30 mètres de tout cours d'eau, y compris les égoûts et les fossés. Cette distance est portée à 50 mètres si l'usage du lit du cours d'eau est continu de plus de 20 mètres à partir de la base de l'ouvrage et dans les zones désignées comme zone de protection des habitats des espèces, de la faune et de la flore sauvages en application de l'article L. 414-1 du code de l'environnement ;
- en dehors des périmètres de protection rapprochée des captages d'alimentation en eau potable ;
- en dehors des zones couvertes par une servitude d'utilité publique instituée, en application de l'article L. 211-12 du code de l'environnement, au titre de la protection de la ressource en eau ;
- en dehors des parcs nationaux ;
- en dehors des zones de vents effluents.

**Orbita de recyclage liée à la mise en œuvre du matériau routier :**  
 La mise en œuvre de matériaux routiers doit être effectuée de façon à limiter les contacts avec les eaux souterraines, superficielles et atmosphériques. À ce titre, les quantités de matériaux routiers stockées temporairement dans l'empierrement d'un chantier routier doivent être limitées aux seuls besoins permettant de satisfaire de façon continue des approvisionnement de chantier, sans que jamais cette quantité excède 1 000 m<sup>3</sup>.

**8- Valeur du Responsable de la mise en œuvre**

Nom (personne responsable du chantier ou de la mise en œuvre) : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_  
 Valeur : \_\_\_\_\_

**Fiche de classement environnemental d'un lot de mâchefer élaboré**

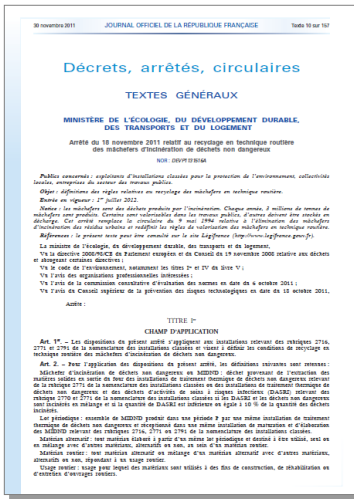
|                               |                 |  |
|-------------------------------|-----------------|--|
| Usine de traitement thermique | Lot             |  |
| XXXXXXXXXX                    | Mois/Année      |  |
| Classement environnemental    | <b>V1 OU V2</b> |  |

| Paramètre  | Valeur limite à respecter                        |                              | Résultat de l'essai |
|--|--|------------------------------|---------------------|
|  | V1 Usages routiers de type 1                     | V2 Usages routiers de type 2 |                     |
| COT (carbone organique total)                    | 30 g/kg de matière sèche                         |                              |                     |
| BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) | 5 mg/kg de matière sèche                         |                              |                     |
| PCB (polychlorobiphényles 7 congénères)          | 1 mg/kg de matière sèche                         |                              |                     |
| Hydrocarbures (C10 à C40)                        | 500 mg/kg de matière sèche                       |                              |                     |
| HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)    | 50 mg/kg de matière sèche                        |                              |                     |
| Dioxine et furannes                              | 10 ng I-TEQ <sub>2005</sub> /kg de matière sèche |                              |                     |

| Paramètre                                  | Valeur limite à respecter exprimée en mg/kg de matière sèche |                              | Résultat du dernier essai |
|--|--|------------------------------|---------------------------|
|  | V1 Usages routiers de type 1                                 | V2 Usages routiers de type 2 |                           |
| As / Arsenic                               | 0,6  |                              |                           |
| Ba / Baryum                                | 56   | 28                           |                           |
| Cd / Cadmium                               | 0,05   |                              |                           |
| Cr total / Chrome total                    | 2  | 1                            |                           |
| Cu / Cuivre                                | 50   |                              |                           |
| Hg / Mercure                               | 0,01   |                              |                           |
| Mo / Molybdène                             | 5,6  | 2,8                          |                           |
| Ni / Nickel                                | 0,5  |                              |                           |
| Pb / Plomb                                 | 1,5  | 1                            |                           |
| Sb / Antimoine                             | 0,7  | 0,6                          |                           |
| Se / Sélénium                              | 0,1  |                              |                           |
| Zn / Zinc                                  | 50   |                              |                           |
| F / Fluorures                              | 60   | 30                           |                           |
| Cl / Chlorures *                           | 10 000   | 5 000                        |                           |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / Sulfates * | 10 000   | 5 000                        |                           |
| FS / Fraction soluble *                    | 20 000   | 10 000                       |                           |

\* Concernant les chlorures, les sulfates et la fraction soluble, il convient, pour être jugé conforme, de respecter soit les valeurs associées aux chlorures et aux sulfates, soit de respecter les valeurs associées à la fraction soluble.

# Une méthodologie éprouvée...



AM 18/11/11



Octobre 2012

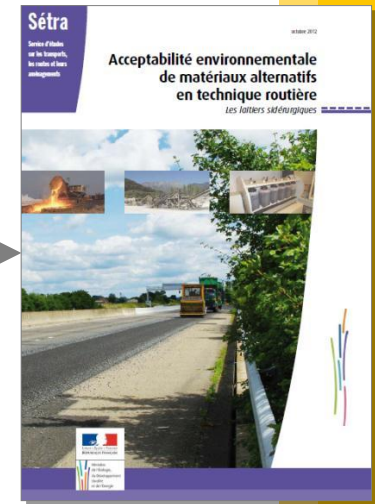
MIDND

MIDND



- Sables de fonderie (2019)
- Cendres de centrale thermique (2019)
- Sédiments de dragage (2020)
- Terres excavées (2020)

Laitiers



Octobre 2012

BTP

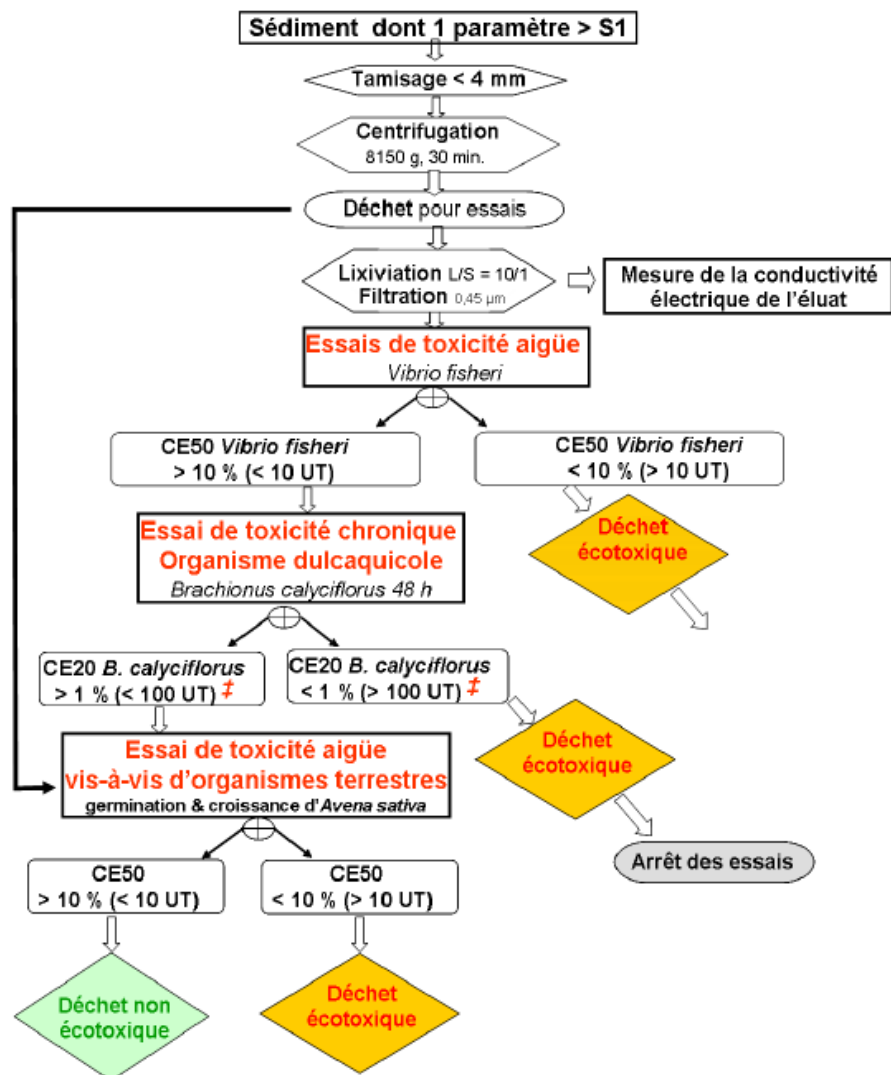


Janvier 2016

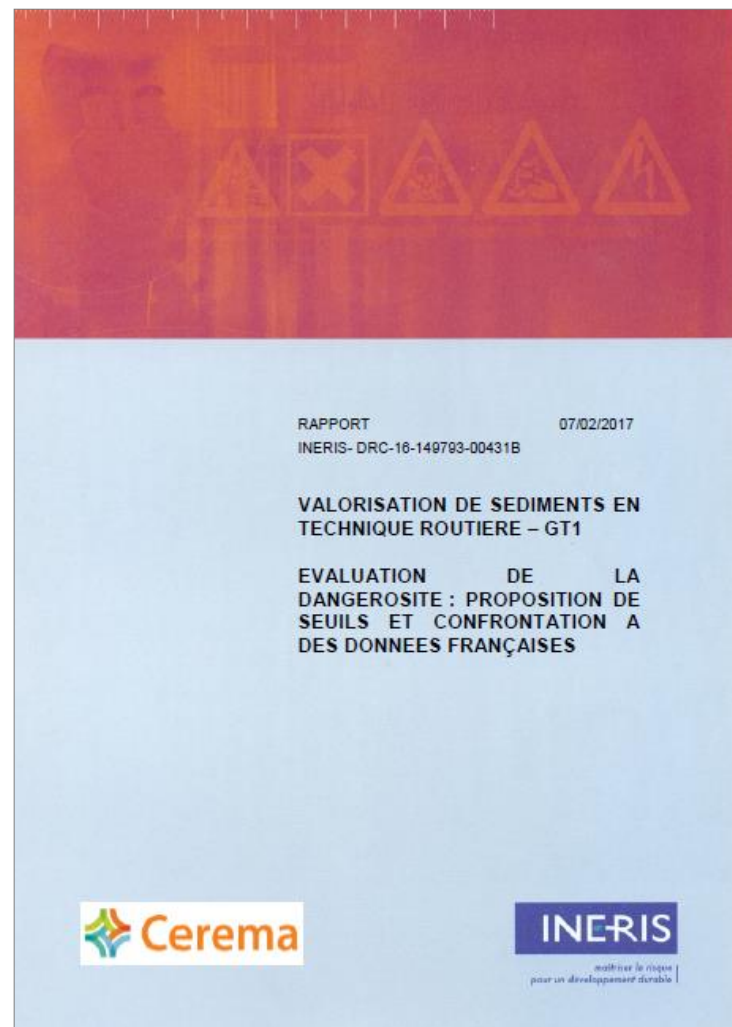
## Organisation des travaux préliminaires & résultats

- ❖ Dans le cadre de la rédaction du guide d'application, un certain nombre de sujets spécifiques ont été étudiés :
  - **GT1** : Dangersité des sédiments
  - **GT2** : Echantillonnage in situ et conservation des prélèvements
  - **GT3** : Paramètres pertinents à suivre
  - **GT4** : Evolution physico-chimique des sédiments en milieu aérobie
  - **GT5** : Adaptation des essais de caractérisation pour les sédiments fins

# La question de la dangerosité

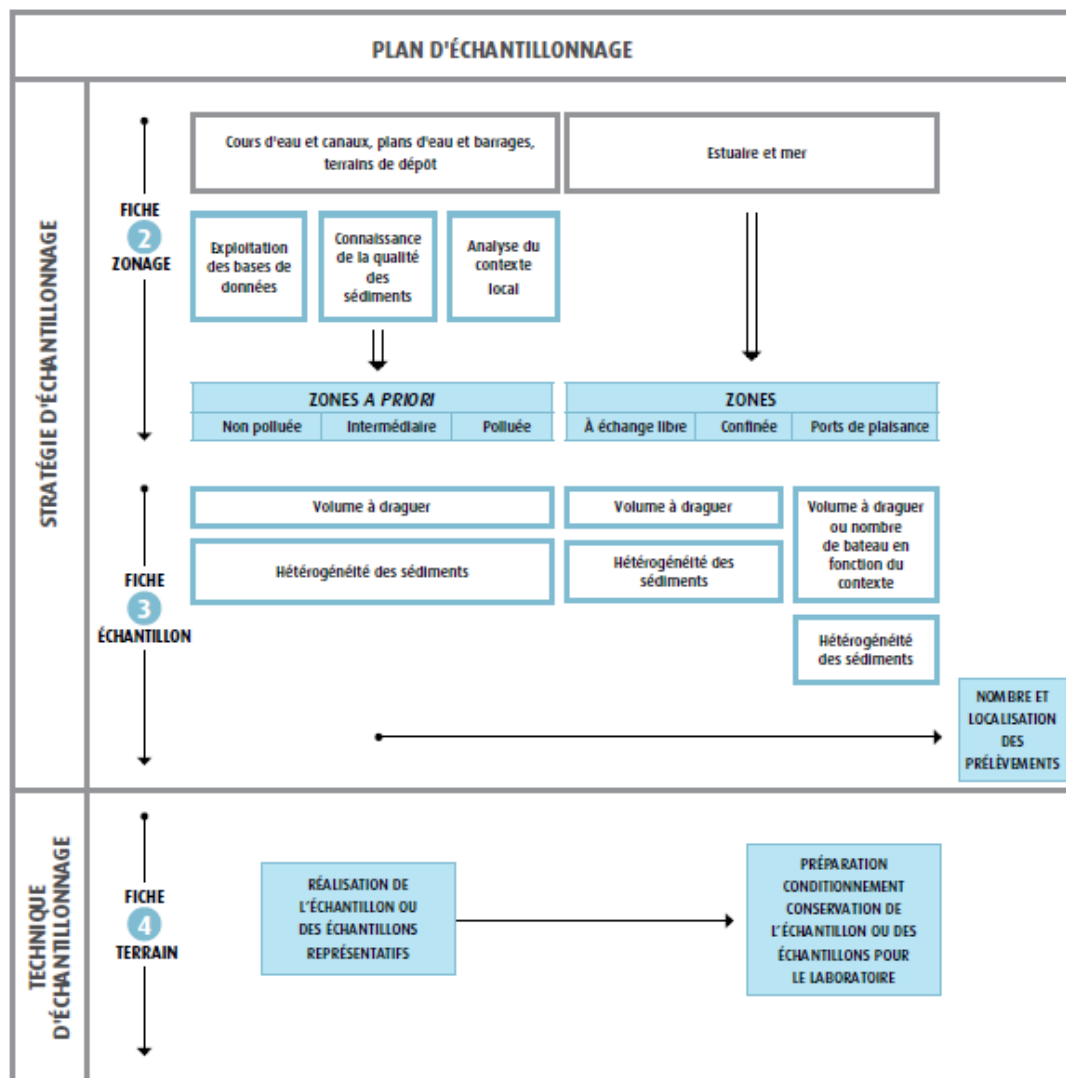


|                        | Proposition de seuils individuels (mg/kg) | Proposition de seuils groupés (mg/kg) |
|------------------------|---|---------------------------------------|
| Arsenic                | 330                                       | 330                                   |
| Cadmium                | 530                                       | 530                                   |
| Chrome VI              | 250                                       | 250                                   |
| Cuivre                 | 4000                                      | 4000                                  |
| Mercure                | 500                                       | 500                                   |
| Nickel                 | 130                                       | 130                                   |
| Plomb                  | 1000 <sup>(*)</sup>                       | 1000 <sup>(*)</sup>                   |
| Zinc                   | 7230                                      | 7230                                  |
| PCB 28                 | 50 pour la somme des 7 congénères         | 50 pour la somme des 7 congénères     |
| PCB 52                 |   |                                       |
| PCB 101                |   |                                       |
| PCB 118                |   |                                       |
| PCB 138                |   |                                       |
| PCB 153                |   |                                       |
| PCB 180                |   |                                       |
| Naphtalène             | 10000                                     | 500 pour la somme des congénères      |
| Acénaphthylène         | 500                                       |                                       |
| Phénanthrène           | 50000                                     |                                       |
| Fluoranthène           | 50000                                     |                                       |
| Benzo(a)anthracène     | 1000                                      |                                       |
| Chrysène               | 1000                                      |                                       |
| Benzo(b)fluoranthène   | 1000                                      |                                       |
| Benzo(k)fluoranthène   | 1000                                      |                                       |
| Benzo(a)pyrène         | 1000                                      |                                       |
| Dibenzo(a,h)anthracène | 1000                                      |                                       |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène | 10000                                     |                                       |
| Tributylétain          | 3000                                      |                                       |



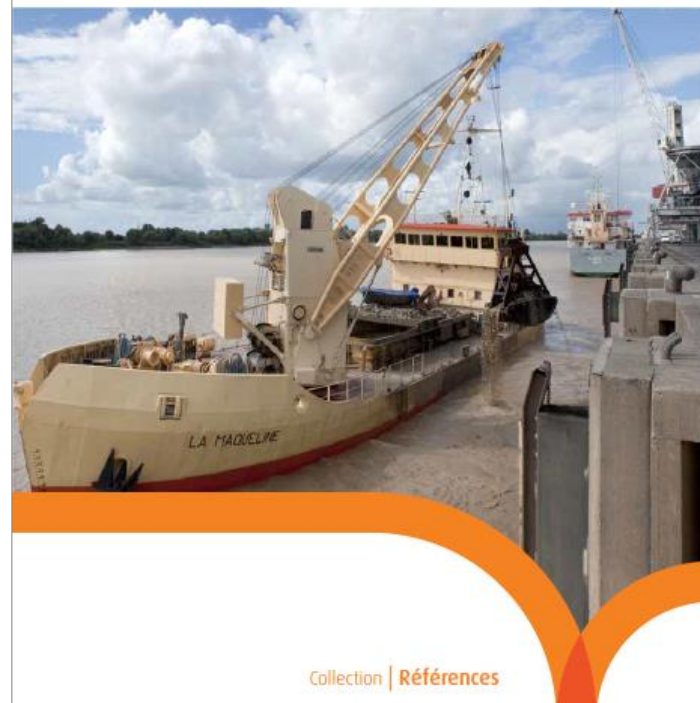


# La question de l'échantillonnage



## Échantillonnage des sédiments marins et fluviaux

Du plan d'échantillonnage aux analyses de laboratoire  
Synthèse documentaire et recommandations



Collection | Références

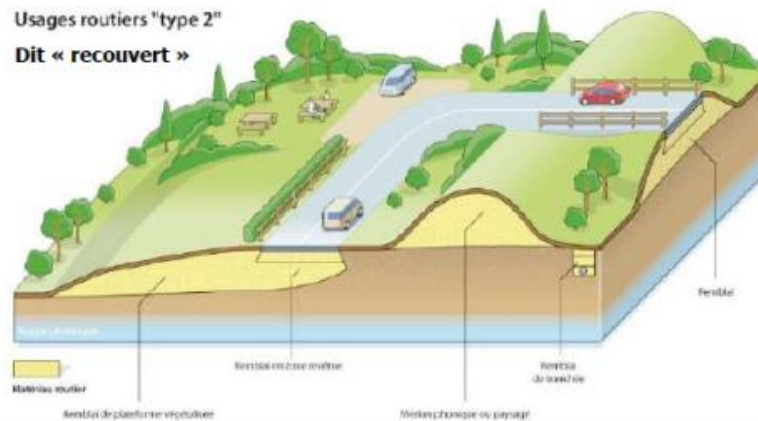
# Vérification de la conformité environnementale

## Trois types d'usage permettant de couvrir l'ensemble des scénarios d'exposition

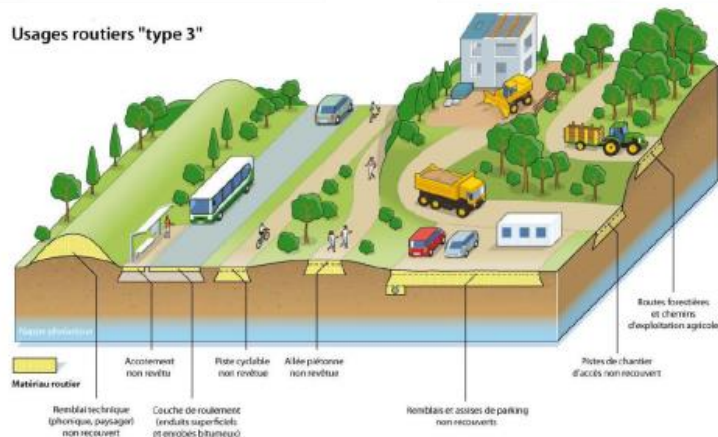
Usages routiers "type 1" Dit « revêtu »



Usages routiers "type 2" Dit « recouvert »



Usages routiers "type 3"



# Référentiel de conformité environnementale

TABLEAU 3A

| VALEURS LIMITES A RESPECTER PAR LE MATERIAU ALTERNATIF ET LE MATERIAU ROUTIER                        |                          |                  |                  |
|--|--------------------------|------------------|------------------|
| Paramètres   | Usages de type 1         | Usages de type 2 | Usages de type 3 |
| Analyse en lixiviation (NF EN 12457-2 [12] ou NF EN 12457-4 [13]) exprimée en mg/kg de matière sèche |                          |                  |                  |
| As   | 0.6                      | 0.6              | 0.6              |
| Ba   | 36                       | 25               | 25               |
| Cd   | 0.05                     | 0.05             | 0.05             |
| Cr total   | 4                        | 2                | 0.6              |
| Cu   | 10                       | 5                | 3                |
| Hg   | 0.01                     | 0.01             | 0.01             |
| Mo   | 5.6                      | 2.8              | 0.6              |
| Ni   | 0.5                      | 0.5              | 0.5              |
| Pb   | 0.6                      | 0.6              | 0.6              |
| Sb   | 0.6                      | 0.3              | 0,08             |
| Se   | 0.5                      | 0.4              | 0.1              |
| Zn   | 5                        | 5                | 5                |
| Fluorures  | 60                       | 30               | 13               |
| Chlorures  | 10000                    | 5000             | 1000             |
| Sulfates   | 10000                    | 5000             | 1300             |
| Analyse en contenu total exprimée en mg/kg de matière sèche  |                          |                  |                  |
| COT <sup>1</sup>   | 30000/60000 <sup>2</sup> |                  |                  |
| BTEX   | 6                        |                  |                  |
| PCB (7 congénères)   | 1                        |                  |                  |
| HCT (C10-C40)  | 500 <sup>3</sup>         |                  |                  |
| HAP (16 US-EPA)  | 50                       |                  |                  |
| TBT <sup>4</sup>   | 0,1                      |                  |                  |

<sup>1</sup> Ce paramètre n'est pas pertinent pour la vérification de la conformité environnementale d'un matériau routier traité aux liants hydrocarbonés.

<sup>2</sup> Une valeur limite de 60 000 mg/kg de matière sèche peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat (analyse en lixiviation).

<sup>3</sup> Si un matériau routier traité aux liants hydrocarbonés ne respecte pas cette valeur pour la fraction C10-C40, il peut être jugé conforme si la valeur de HCT ne dépasse pas 300 mg/kg de matière sèche pour la fraction C10-C21.

<sup>4</sup> Uniquement si le matériau alternatif a été élaboré à partir de sédiments marins, estuariens ou portuaires

# Limitations d'usage liées à l'environnement immédiat de l'ouvrage ou à la mise en œuvre

| REFERENTIEL DE CONFORMITE ENVIRONNEMENTALE VERIFIE PAR LE MATERIAU | LIMITATIONS LIEES A L'ENVIRONNEMENT IMMEDIAT   | LIMITATIONS LIEES A LA MISE EN ŒUVRE  |
|--|--|---|
| <p><b>Type 1</b><br/>et<br/><b>Type 2</b></p>                      | <p>Sauf avis contraire d'un hydrogéologue-expert, l'utilisation des matériaux alternatifs est interdite :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans les zones inondables et à moins de 50 cm des plus hautes eaux cinquantennales ou, à défaut, des plus hautes eaux connues ;</li> <li>- à moins de 30 m de tout cours d'eau, y compris lacs et étangs. Cette distance est portée à 60 m si l'altitude du lit du cours d'eau est inférieure de plus de 20 m à celle de la base de l'ouvrage et dans les zones désignées comme zone de protection des habitats, des espèces, de la faune et de la flore sauvages en application de l'article L.414-1 du code de l'environnement ;</li> <li>- dans les périmètres de protection rapprochée (PPR) des captages d'alimentation en eau potable (AEP) ;</li> <li>- dans les zones couvertes par une servitude d'utilité publique instituée, en application de l'article L.211-12 du code de l'environnement, au titre de la protection de la ressource en eau ;</li> <li>- dans les zones de karsts affleurants pouvant modifier les écoulements d'eau présente en continue ou de façon temporaire dans l'ouvrage ou son environnement immédiat.</li> </ul> | <p>Capacité du stock-tampon sur chantier limitée à 1000 m<sup>3</sup></p> <p>Au-delà de 1000 m<sup>3</sup> sur chantier, avis d'un hydrogéologue-expert</p> |
| <p><b>Type 3</b></p>   | <p>Pas de limitation</p>   | <p>Pas de limitation</p>  |

# Fiche d'information

## FICHE D'INFORMATION

ENSEMBLE PARTICIPONS A PRESERVER LES RESSOURCES NATURELLES PAR L'EMPLOI DE MATERIAUX ALTERNATIFS

### 1 - FABRICANT

|  |               |
|--|---------------|
| Installation ayant fabriqué le matériau alternatif | Nom .....     |
|  | Adresse ..... |

### 2 - RESPONSABLE DE LA MISE EN ŒUVRE

Nom .....

Adresse .....

### 3 - CHANTIER

(FACULTATIF POUR LES MATERIAUX RELEVANT DES USAGES DE TYPE 3)

Adresse .....

Date ..... Autres informations .....

Nature de l'ouvrage .....

### 4 - DOMAINE D'EMPLOI

| * Type 3 *  |                          | « Type 2 »          |                          | « Type 1 »           |                          |
|---|--------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| Remblai technique   | <input type="checkbox"/> | Remblai technique   | <input type="checkbox"/> | Couche d'assise      | <input type="checkbox"/> |
| Sous-couche de chaussée ou d'accollement                      | <input type="checkbox"/> | Remblai de tranchée | <input type="checkbox"/> | Couche de forme      | <input type="checkbox"/> |
| Couche de roulement (enduits superficiels, bétons bitumineux) | <input type="checkbox"/> | Couche d'assise     | <input type="checkbox"/> | Remblai sous ouvrage | <input type="checkbox"/> |
| Remblai de pré-chargement                                     | <input type="checkbox"/> | Autre, précisez :   | <input type="checkbox"/> | Remblai de tranchée  | <input type="checkbox"/> |
| Système drainant (tranchée, éperon, chaussée réservoir)       | <input type="checkbox"/> |                     |                          | Autre, précisez :    | <input type="checkbox"/> |
| Piste de chantier   | <input type="checkbox"/> |                     |                          |                      |                          |
| Route forestière  | <input type="checkbox"/> |                     |                          |                      |                          |
| Chemin d'exploitation agricole                                | <input type="checkbox"/> |                     |                          |                      |                          |
| Chemin de halage  | <input type="checkbox"/> |                     |                          |                      |                          |
| Autre, précisez :   | <input type="checkbox"/> |                     |                          |                      |                          |

### 5 - MATERIAU ROUTIER FABRIQUE

Nom : ..... Norme Produit : .....

Matériau non traité O/D ou d/D  Matériau traité aux liants hydrauliques ou à la chaux  Matériau traité aux liants hydrocarbonés

Visa du fabricant : ..... Date : .....

### 6- PRESCRIPTIONS DU GUIDE D'APPLICATION RELATIF AUX SEDIMENTS DE DRAGAGE ET DE CURAGE

#### Critères de recyclage liés à la nature de l'usage routier

Les usages autorisés sont les usages, au sein d'ouvrages routiers, des types 1, 2 et 3 définis ci-après.

Les usages routiers de « Type 1 » sont les usages d'au plus trois mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accollement d'ouvrages routiers « revêtus », tels que :

- remblai sous ouvrage,
- couche de forme,
- couche de fondation,
- couche de base et couche de liaison.

Un ouvrage routier est réputé « revêtu » si sa couche de surface est réalisée à l'aide d'asphalte, d'ennobés bitumineux, d'enduits superficiels d'assise, de béton de ciment ou de pavés jointoyés par un matériau lié et si elle présente en tout point une pente minimale de 5%.

Les usages routiers de « Type 2 » sont les usages d'au plus six mètres de hauteur en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (ex : plateforme, tranchée, merlon de protection phonique, etc.) ou en accotement, dès lors qu'il s'agit d'usages au sein d'ouvrages routiers « recouverts ».

Relèvent également des usages routiers de « type 2 » les usages de plus de trois mètres et d'au plus six mètres de hauteur en sous-couche de chaussée ou d'accollement, dès lors qu'il s'agit d'usages au sein d'ouvrages routiers « revêtus ».

Un ouvrage routier est réputé « recouvert » si les matériaux routiers qui y sont présents sont recouverts par au moins 30 centimètres de matériaux naturels ou équivalents et s'il présente en tout point de son enveloppe extérieure une pente minimale de 5%.

Les usages routiers de « Type 3 » sont les usages :

- en sous-couche de chaussée ou d'accollement, au sein d'ouvrages revêtus ou non revêtus,
- en remblai technique connexe à l'infrastructure routière (ex : plateforme, tranchée, merlon de protection phonique) ou en accotement, au sein d'ouvrages routiers recouverts ou non recouverts,
- en couche de roulement (enduits superficiels, bétons bitumineux...),
- en remblai de pré-chargement nécessaire à la construction d'une infrastructure routière,
- en système drainant (ex : tranchée ou éperon drainant, chaussée réservoir).

Rentrent également dans cette catégorie des usages de « type 3 » l'utilisation des matériaux pour la construction :

- de pistes de chantier,
- de routes forestières,
- de chemins d'exploitation agricole,
- de chemins de halage.

Les usages routiers de « type 3 » ne sont concernés par aucune restriction d'épaisseur de mise en œuvre.

#### Critères de recyclage liés à l'environnement immédiat de l'ouvrage routier

Sauf avis contraire d'un hydrogéologue-expert, pour les matériaux relevant des usages de Type 1 et Type 2, l'utilisation doit se faire :

- en dehors des zones inondables et à une distance minimale de 50 cm des plus hautes eaux cinquantennales ou, à défaut, des plus hautes eaux connues ;
- à une distance minimale de 30 mètres de tout cours d'eau, y compris les étangs et les lacs. Cette distance est portée à 60 mètres si l'altitude du lit du cours d'eau est inférieure de plus de 20 mètres à celle de la base de l'ouvrage et pour les zones désignées comme zone de protection des habitats des espèces, de la faune et de la flore sauvages en application de l'article L.414-1 du code de l'environnement ;

- en dehors des périmètres de protection rapprochée des captages d'alimentation en eau potable (AEP) ;

- en dehors des zones couvertes par une servitude d'utilité publique instituée, en application de l'article L.211-12 du code de l'environnement, au titre de la protection de la ressource en eau ;

- en dehors des zones de karsts affleurants pouvant modifier les écoulements d'eau présente en continue ou de façon temporaire dans l'ouvrage ou son environnement immédiat.

Pour les matériaux relevant des usages de Type 3, il n'y a pas de limitation.

#### Critères de recyclage liés à la mise en œuvre du matériau routier :

Pour les matériaux relevant des usages de Type 1 et Type 2, leur mise en œuvre doit être effectuée de façon à limiter les contacts avec les eaux météoriques, superficielles et souterraines. A ce titre, et sauf avis contraire d'un hydrogéologue-expert, la quantité de matériaux routiers stockée temporairement dans l'emprise d'un chantier routier donné doit être limitée aux seuls besoins permettant de s'affranchir de l'irrégularité des approvisionnements du chantier, sans que jamais cette quantité n'excède 1 000 m<sup>3</sup>.

Pour les matériaux relevant des usages de Type 3, il n'y a pas de limitation.

(1) la liste des parcs nationaux est consultable sur : <http://parcsnationaux.fr>

### 7-VISA DU RESPONSABLE DE LA MISE EN ŒUVRE

En signant ce document j'atteste de la véracité des informations consignées aux points 2 à 5 et m'engage à respecter les prescriptions d'emploi et les limitations d'usage rappelées au point 6.

Nom (personne responsable du chantier ou de la mise en œuvre) : ..... Date : .....

Visa et tampon : .....

# LES MÂCHEFERS D'INCINERATION DE DECHETS NON DANGEREUX

## Présentation d'un process de fabrication et précautions d'usage

**RMN/PréFerNord**



**Patrick DESSAUVAGES** - Directeur de l'écosite de Fretin

**Georges BAUMANN** - Directeur des ventes

LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE  
LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE  
13-14 JUIN 2019 - DUNKERQUE



*Le pft*

QUAND LES TALENTS  
GRANDISSENT,  
LES COLLECTIVITÉS  
PROGRESSENT

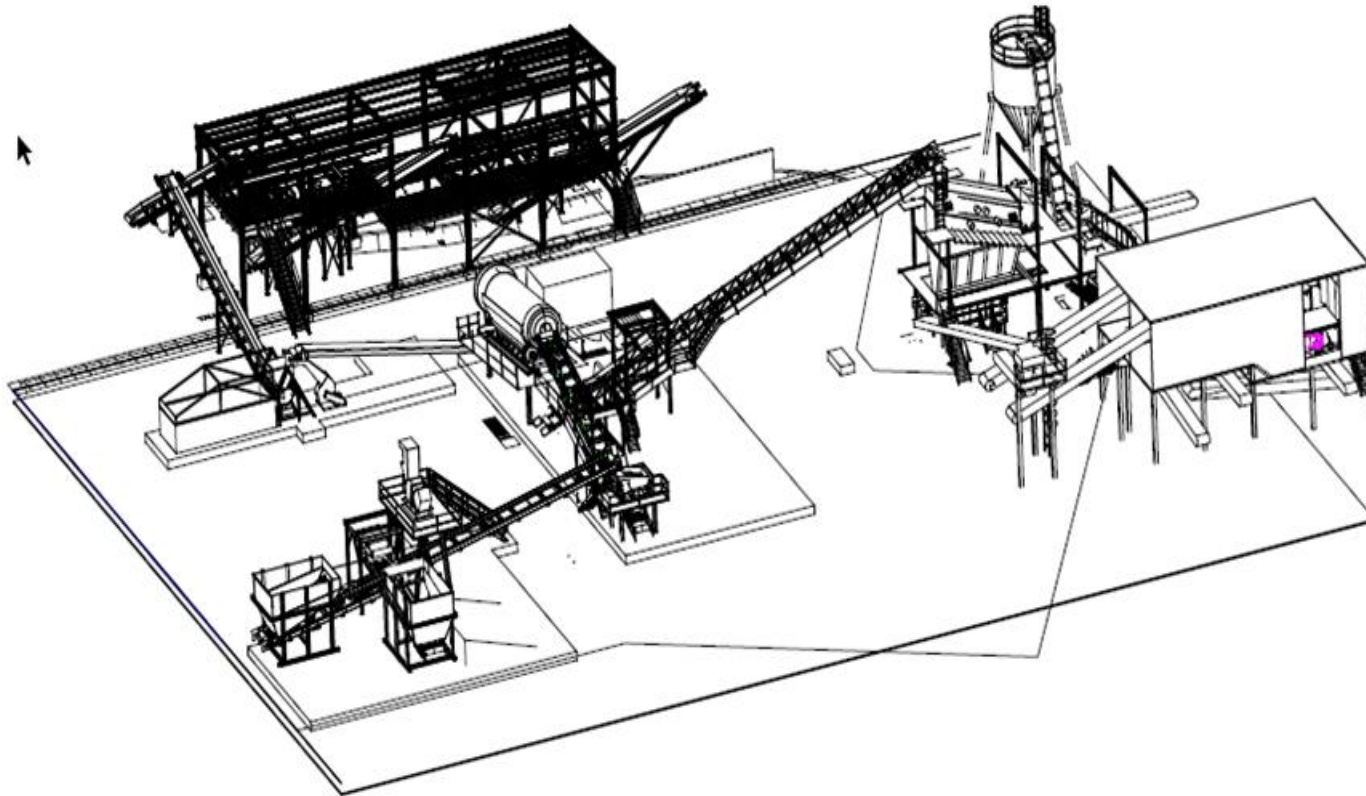
# VALORISATION DES MIDND

Nous valorisons les MIDND de 4 centres de valorisation énergétique :

- Halluin
- Saint-Omer
- Béthune
- Dunkerque



# PROCESS





---

# Produits commercialisés

---

## **Nous commercialisons 4 produits à base de MIDND :**

- GRAVES MIDND 0/14
- MTLH 2 0/14 MIDND T2 SIDMIX
- MTCi 0/14 MIDND T3 CEM III
- SMART-BLOCS

# SMART-BLOC



Rue Gabriel Peri - BP 03  
59 273 Fretin  
Tel : 03 20 41 57 00  
Fax : 03 20 41 57 09



## Blocs Bétons Modulaires SMART-BLOC

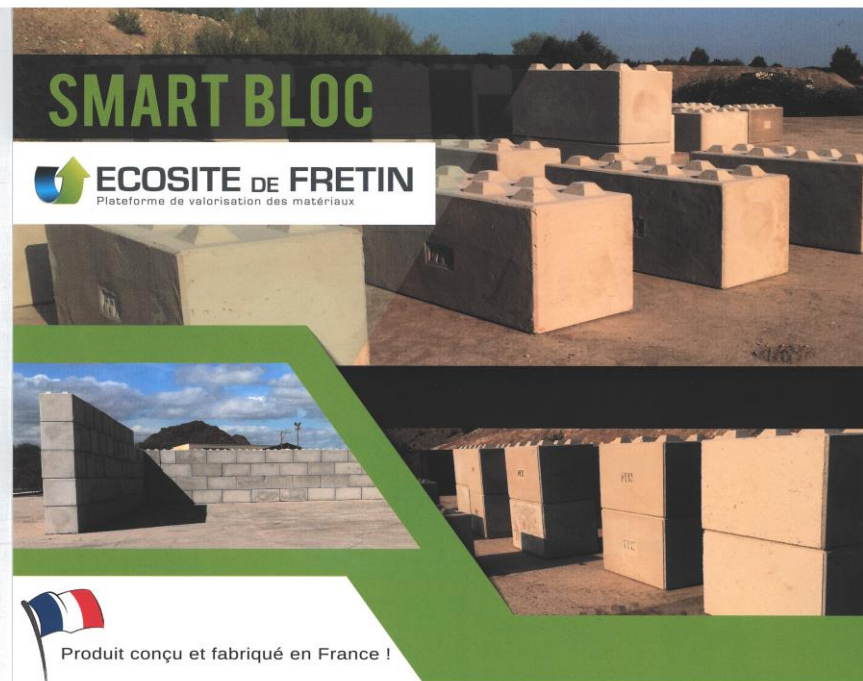


**Caractéristiques :** Les blocs préfabriqués SMART BLOC intègrent dans leur conception et leur composition une idée novatrice quant à la valorisation pérenne des **Machefers** d'Incinération de Déchets **Non Dangereux** soigneusement sélectionnés et élaborés sur la plate-forme de recyclage la plus importante au nord de Paris. Une formule étudiée et optimisée en laboratoire afin de proposer un produit de qualité constante et durable.

**Domaine d'emploi :** Les blocs bétons modulaires SMART BLOC sont parfaitement adaptés pour :

- Isoler, stocker, protéger toutes sortes de produits tels, déchets, granulats, métaux, céréales, charbon ..... sur plate-forme industrielle, de vente en gros ou sur exploitation agricole.
- Protéger temporairement ou condamnés les accès de voies piétonnières de risque d'intrusion de véhicules.
- Construire des "barrières" de protection le long de cheminements présentant un risque de chute dans le vide.

# SMART-BLOC



**Unique en France !  
Le bloc béton issu de l'économie circulaire !**

**Fabriqué essentiellement à base de granulats recyclés  
La réponse aux exigences environnementales !  
Produit disponible à la vente ou à la location**

Le Smart Bloc,  
« le bloc béton le plus neutre en empreinte environnementale »

# SMART-BLOC

## SMART BLOC



### Usages multiples

- Sécurisation de chaussées, voies piétonnes lors de manifestations publiques (braderies, fêtes locales, concerts), chantiers, etc...
- Limitation d'accès (parkings, zones d'activité, zones industrielles)
- Box d'entreposage, par assemblage et emboîtement en murets, droits ou « L » (matériaux, ferrailles, déchets, céréales, etc...)

### Eco Conception

Bloc modulaire essentiellement composé de matériaux recyclés (50% mâchefer), contribuant à l'économie des ressources naturelles

### Personnalisable

Possibilité de marquage à votre logo (ville, communauté d'agglomérations, entreprise)

### Caractéristiques

Tailles disponibles (L x l x h) / Poids

- 160 x 80 x 80 / 2,2 tonnes
- 80 x 80 x 80 / 1,1 tonnes

Mise en place : pinces ou fourches (livraison et mise en place sur demande)

### Avantages

Flexibilité de mise en place

Robustesse

Poids élevé rendant le produit stable et difficilement déplaçable (sécurisation contre l'intrusion)



Pour toute information, contactez votre interlocuteur:

Georges Baumann  
Tel. : 03 20 41 57 00 - Mobile : 06 86 43 92 02  
Mail : georges.baumann@eiffage.com

# SMART-BLOC



# Aide à la décision des Maîtres d'Ouvrages

**Lors des consultations, nous utilisons un logiciel qui nous permet de valider l'emploi des MIDND selon le lieu du chantier :**

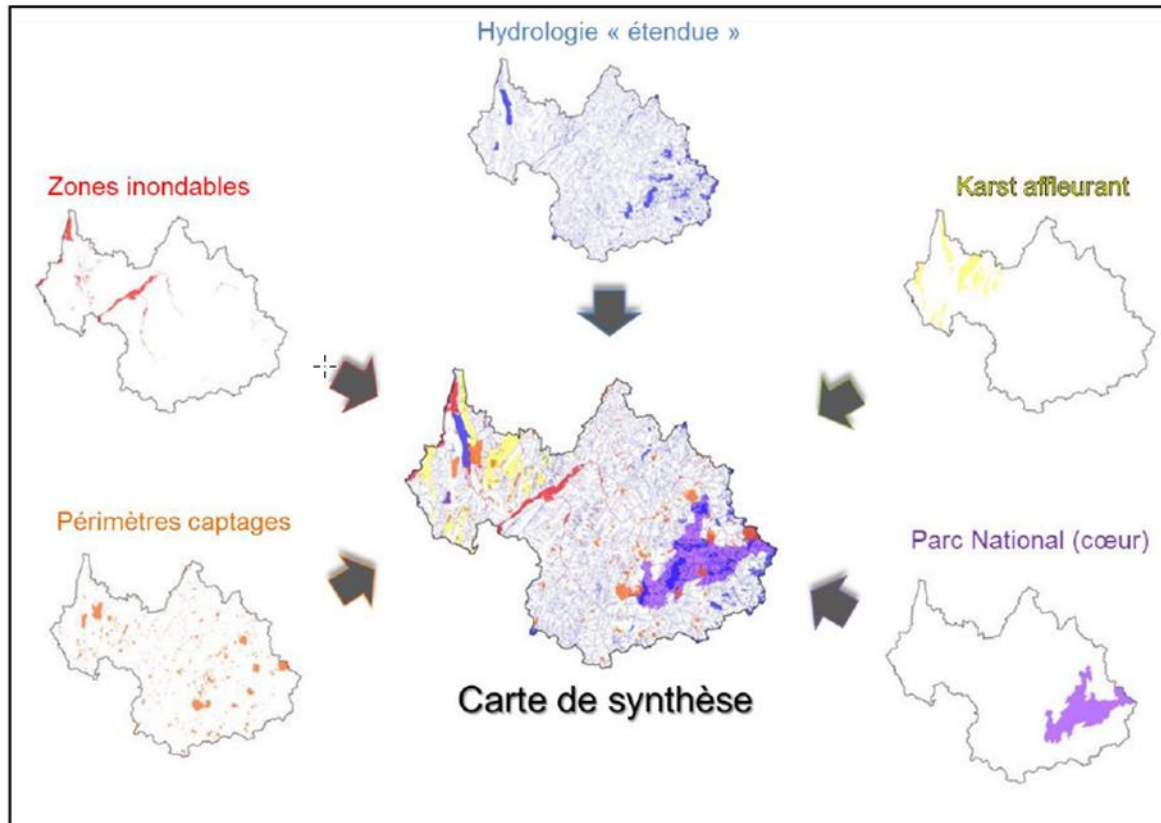
- ALTERMAP

L'opération consiste à compiler sur un même outil SIG des données environnementales hétérogènes et évolutives selon une méthodologie nationale. Le choix des sources et les modes de traitement ont été construits en suivant les recommandations de la DGPR, du BRGM, de certaines DREAL et en faisant appel à un cabinet de juriste en environnement.

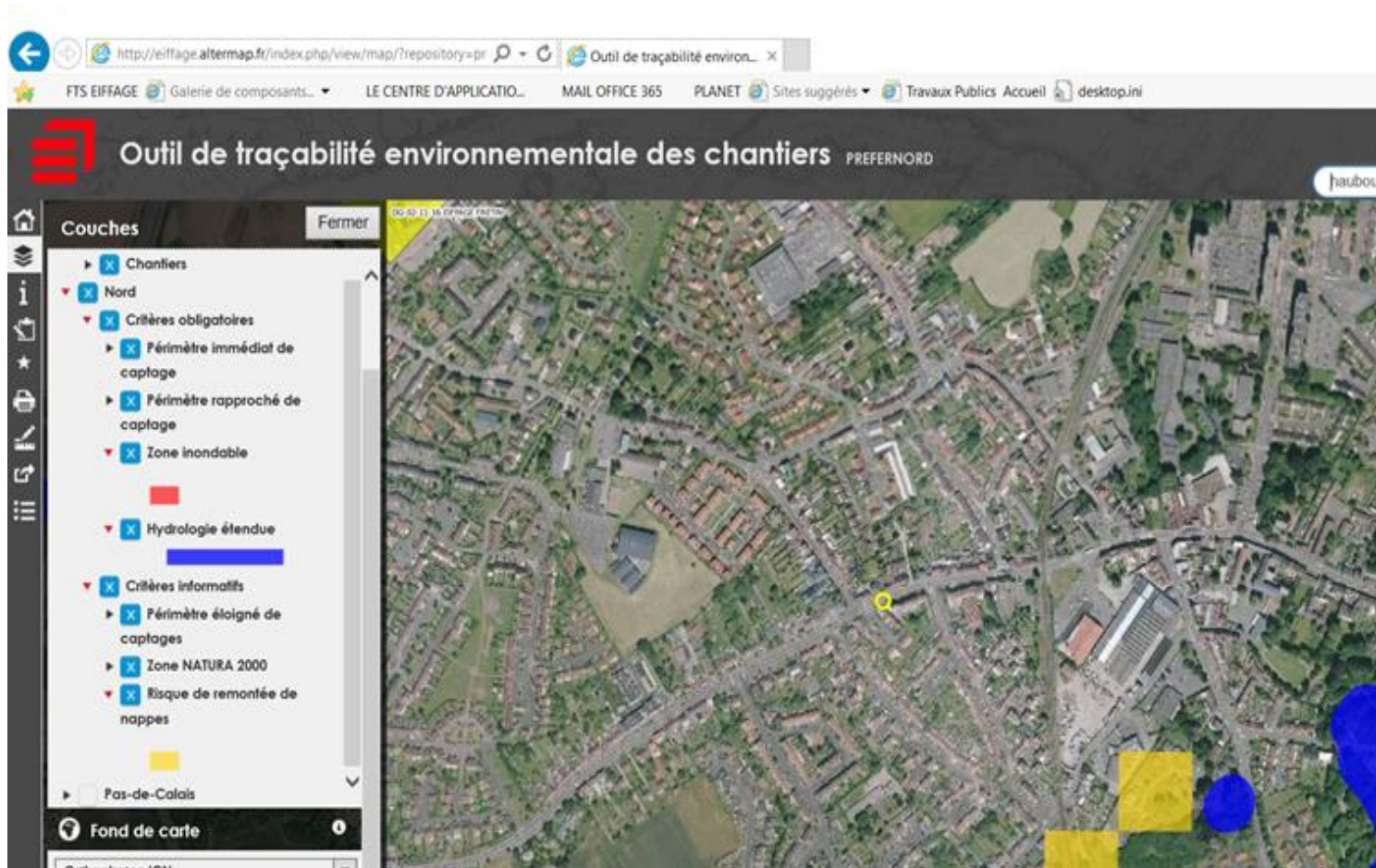
Cette méthodologie de base s'enrichit en fonction du contexte national et/ou local (notes du CEREMA, retours d'expériences, jurisprudence, etc.) et de l'évolution des données sources pour apporter le plus de garanties possibles aux opérateurs finaux.

L'acceptation du devis vaut acceptation de la méthodologie employée. Le prestataire ne peut être tenu responsable de la disponibilité et qualité des données sources. Le prestataire ne peut en aucun cas être porté responsable de l'usage fait de la carte.

# Données environnementales dans ALTERMAP



## Exemple – MIDND (aucune contrainte de mise en œuvre)





# Exemple – MIDND INTERDIT

The screenshot displays a web browser window with the URL <http://eiffage.altermap.fr/index.php/view/map/?repository=pr>. The page title is "Outil de traçabilité environnementale des chantiers" for the location "PREFERNORD". The search bar contains "villeneuve d'ascq rue de la prevote".

The interface features a "Couches" (Layers) panel on the left with the following settings:

- Chantiers:
- Nord:
- Critères obligatoires:
  - Périmètre immédiat de captage:
  - Périmètre rapproché de captage:
  - Zone inondable:
  - Hydrologie étendue:
- Critères informatifs:
  - Périmètre éloigné de captages:
  - Zone NATURA 2000:
  - Risque de remontée de nappes:

The "Fond de carte" (Map Style) is set to "Orthophotos IGN". The "Édition" (Editing) section shows "Chantiers" selected. The map itself shows a satellite view with several colored overlays: a large orange area, a purple area, and blue areas. A yellow circle is visible on the map. The bottom right corner includes a scale bar (100 m / 200 ft), a scale of 1:4 614, and a "Position de la souris" (Mouse Position) field set to "Mètres".

# LES SEDIMENTS DE DRAGAGE



- Présentation d'une expérimentation routière
- R&D pour l'utilisation des sédiments



# UTILISATION DES SEDIMENTS DE DRAGAGE EN TECHNIQUES ROUTIERES

- INTRODUCTION
- LES PREMIÈRES EXPÉRIMENTATIONS
- UTILISATION DES SÉDIMENTS À GRANDE ÉCHELLE
- CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

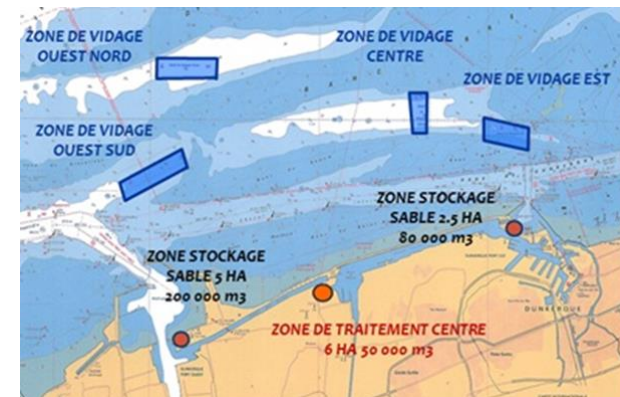
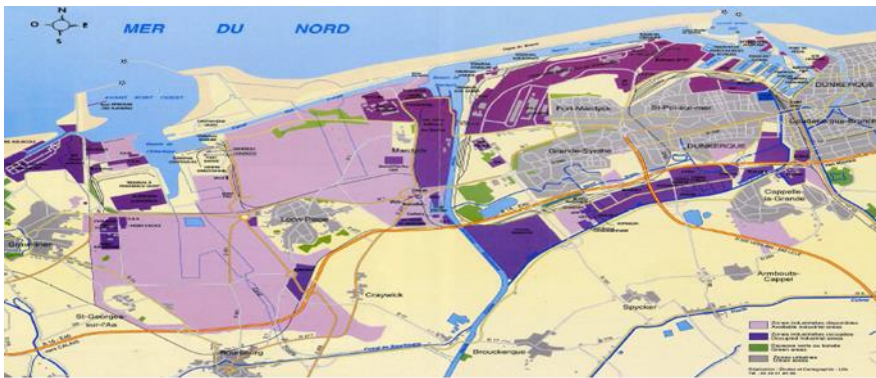
**COLAS Nord-Est**

**Christophe PRIEZ** - Directeur Technique Adjoint



# INTRODUCTION

- ❖ Problématique du Grand Port Maritime de Dunkerque
  - L'économie locale dépend du maintien du trafic portuaire sur une façade maritime de plus de 17 km de long
  - L'accumulation des sédiments provoque la diminution du tirant d'eau nécessaire à la navigation (Dragage annuel > 4 Mm<sup>3</sup>)
  - l'arrêté du 23 décembre 2009 indique deux seuils (N1 et N2) pour les teneurs chimiques (Métaux et PCB)
  - Choix du port : Stockage à terre pour les sédiments > Seuil N1
  - Nécessité de développer des filières de valorisation



# INTRODUCTION

- ❖ Intérêts pour les entreprises
  - Utilisation des produits alternatifs depuis des décennies
    - Démarche Prédix : Laitier, cendres Volantes, schistes...
  - Futur source de matières premières : Les sédiments ??
    - Démarche en développement ...
    - Nouveaux challenges pour les entreprises (COLAS depuis 2002)
      - Innovation
      - Développement Economique
      - Développement durable et Economie circulaire
    - Sortir du statut de déchet
      - ➔ Transformation en produit
      - ➔ Légitimité d'une ou plusieurs filières de valorisation
    - ➔ Garantir la pérennité des ouvrages et l'innocuité environnementale

# LES PREMIERES EXPERIMENTATIONS

- ❖ Démarche engagée en 2002 avec le GPMD, l'Ecole des mines de Douai et différents partenaires
- ❖ Première planche expérimentale (2005)
  - Objectifs :
    - Valider les études réalisées en laboratoire
      - Formulation :
        - Mélange sable de dragage et sédiment (70%-30%)
        - Chaux vive (traitement de la MO) et Ciment
      - Valider le passage de phase expérimentale à la phase industrielle
    - Réalisation
      - Mise en dépôt provisoire : Surface 300m<sup>2</sup> à 400 m<sup>2</sup>
      - Phase de décantation / 3 mois à 4 mois (Juin 2005 à Octobre 2005)



- Teneur en eau initiale : >> 200%
- Objectif : < 30 %

# LES PREMIERES EXPERIMENTATIONS

- Surface de la planche : 650 m<sup>2</sup>
- Réalisation d'une structure routière pour 80 Poids lourds/Jour sur 10 ans
- Les étapes : «Brainstorming : comment faire ??, avec quels outils »
  - Epanchage des sédiments
  - Pré mélange à la chaux
  - Malaxage et réalisation du second mélange au ciment (CEM1)
  - Compactage et enduit de protection



# LES PREMIERES EXPERIMENTATIONS

- ❖ Bilan de la première planche expérimentale
  - Structure : Gains d'épaisseur de 20% à 40% selon la méthodologie de mélange (centrale/in situ)
  - Validation in-situ des performances mesurées (Déflexion) : DC= 51/100 mm



Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

| épais.<br>(m) | module<br>(MPa) | coefficient<br>Poisson | Zcalcul<br>(m) | EpsT<br>(µdef) | SigmaT<br>(MPa) | EpsZ<br>(µdef) | SigmaZ<br>(MPa) |
|---------------|-----------------|------------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 0.200         | 11850.0         | 0.250                  | 0.000          | 48.2           | 0.935           | -13.0          | 0.657           |
|               | collé           |                        | 0.200          | -103.0         | -1.490          | 59.8           | 0.027           |
| infini        | 60.0            | 0.350                  | 0.200          | -103.0         | 0.006           | 372.4          | 0.027           |

Déflexion =52.9 mm/100  
entre-jumelage

Rdc = 750.9 m

- Point environnemental
    - Mesures réalisées à 180 jours : Classification déchet inerte sur monolithe et déchet non inerte et non dangereux sur éléments broyés
    - (Seuils > sur Antimoine, Mercure et Fluorure)
  - Validation de la phase laboratoire à la phase chantier
- ➔ Lancement d'une gestion à terre à grande échelle des sédiments par le GPMD



# UTILISATION DES SEDIMENTS A GRANDE ECHELLE

- Traitement par lagunage Actif
  - Volume du dépôt : 50 000 m<sup>3</sup> à traiter par campagne de dragage
  - Surface : 6 ha
  - 3 bassins de stockage + 1 bassin de traitement des eaux
- Durée de 6 mois à 7 mois : opération de dragage /mise à disposition sédiments
  - Volume traité : 50000 m<sup>3</sup> humide → 22000 tonnes de matériaux.
  - Teneur en eau finale : de l'ordre de 40% (70% de siccité).



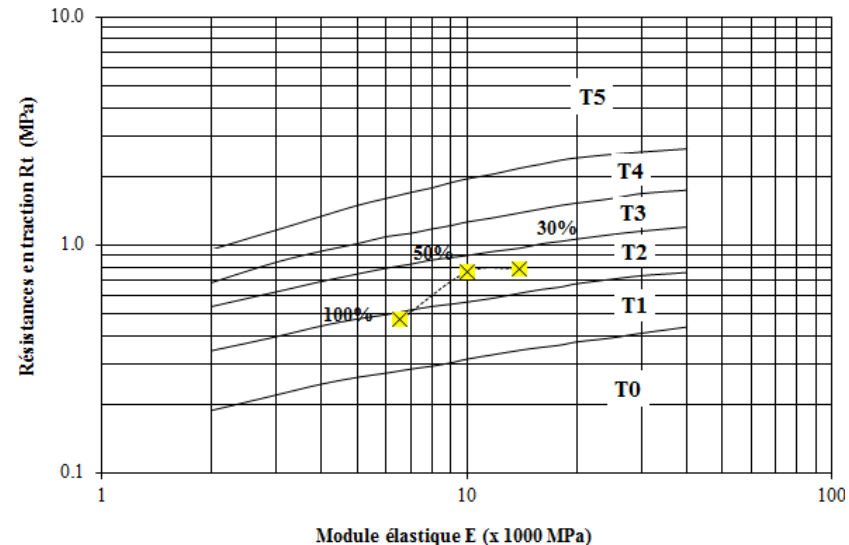
- Première filière de valorisation mise en place : Buttes paysagères

## ❖ Seconde filière : Utilisation en technique routière

- Contexte environnemental : Utilisation du guide d'acceptabilité des matériaux alternatifs
  - Le sédiments brut est classé non inerte / non dangereux
    - Seuils dépassés pour : Hg, Mo , Sb, Chlorure, Sulfate, FS
  - Objectif : Créer un mélange hydraulique élaboré pouvant être classé « Inerte »
    - ➔ Procédure non autorisé par le guide
- Contexte performantiel
  - Caractériser le potentiel d'utilisation des sédiments dans les mélanges
    - Caractérisation des sédiments
      - Seuil de traficabilité ?
    - Point de blocage : Siccité du sédiment
      - ➔ Déterminer les seuils limites de teneur en eau des sédiments
    - Appréhender le niveau de performances mécaniques ?

# REALISATION DE LA ROUTE DU FREYCINET 12

- ❖ Etude de faisabilité pour une utilisation en technique routière
  - Etudes comparatives
    - Utilisation d'un sable POUR correction granulaire: Sable de dragage (D1)
      - Analyse multicritères :
        - Teneur en eau initiale des constituants
        - Densification : Proctor OPM (Objectif d'utilisation en assise)
        - Traficabilité (IPI > 30)
  - Niveau de performances mécaniques
    - RC à 7 jours > 1 Mpa → Remise sous circulation trafic chantier
    - Rci/Rc 60 jours
    - Module E et Rtd



- Valeurs optimales pour le mélange à 50% de sédiments

# REALISATION DE LA ROUTE DU FREYCINET 12

- Potentiel d'utilisation :
  - Comparaison structurelle en couche de forme
    - Objectif : Sur classement de plateforme

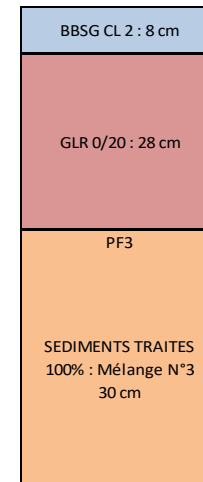
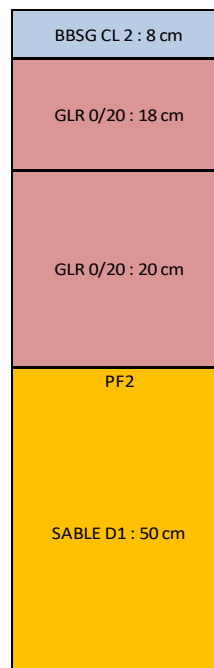
| Classe de l'arase                               |   | AR1                                      |      | AR2    |        |      |        |
|---|---|--|------|--------|--------|------|--------|
|   |   | Epaisseur de matériau de couche de forme |      |        |        |      |        |
| Classe mécanique du matériau de couche de forme | 3 | *  | 30cm | 40cm   | 25cm   | 30cm |        |
|   | 4 |  | 30cm | 35cm   | 45cm** | 30cm | 35cm   |
|   | 5 |  | 35cm | 30cm** | 55cm** | 35cm | 45cm** |
| Classe de plate-forme obtenue                   |   |  | PF2  | PF3    | PF4    | PF3  | PF4    |

| Caractéristiques des matériaux                  |           |          |                   |         |
|---|-----------|----------|-------------------|---------|
| Couches   | Modules   | Fatigue  | Interfaces        | Poisson |
| Couche de roulement                             | 7000 MPa  | 100µd    | Collée            | 0.35    |
| GLR 0/20  | 23000 MPa | 0.75 mpa | Collée            | 0.25    |
| Couche de forme D1<br>Ep = 50 cm                | 50 MPa    |          | GLR/PF : Collée   | 0.35    |
| Couche de forme Sédiments traités<br>Ep = 30 cm | 120 MPa   |          | GLR/PF : Décollée | 0.35    |

- Exemple de structure pour un trafic TC4 20 soit 200 Poids lourds/J



- PF2 → PF3
- 26% de gain d'épaisseur pour la couche d'assise



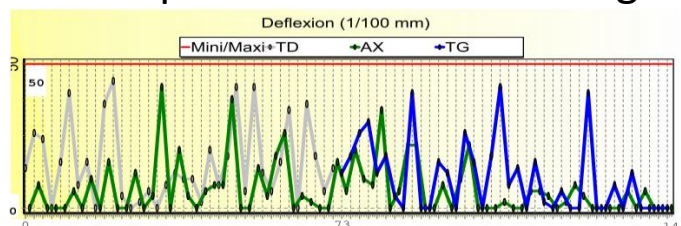
# REALISATION DE LA ROUTE DU FREYCINET 12

❖ Objectifs : Qualifier l'influence de l'utilisation de sédiments sur :

- L'optimisation structurelle → Aspect performantiel
  - Réduction de 15% des épaisseurs ! (trafic de 100 pl/jour)
- Nouvelles études de formulation
- Les techniques de mise en œuvre



○ Comportement mécanique : Court terme et long terme



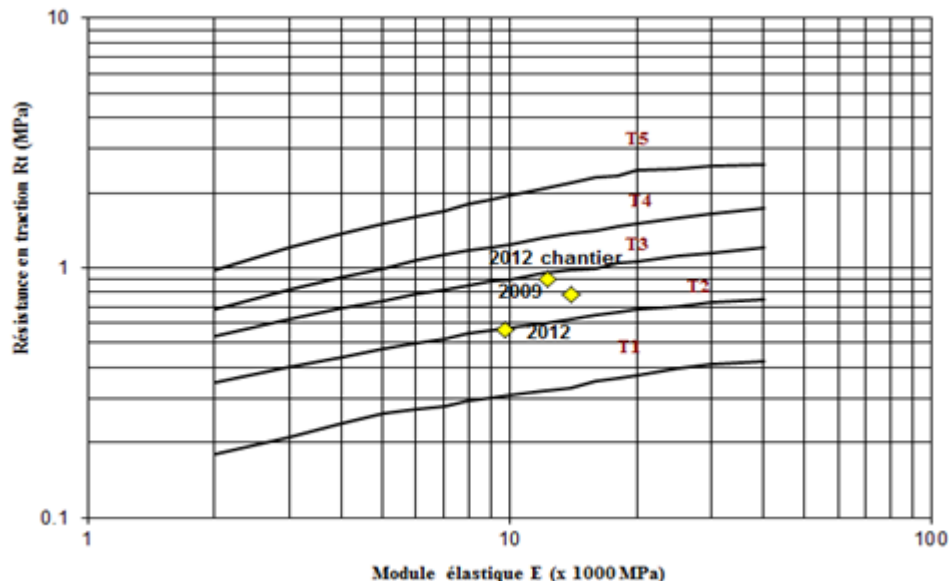
○ L'impact environnemental du matériau traité : Court terme et long terme



# REALISATION DE LA ROUTE DU FREYCINET 12

## ❖ Bilan Performantiel :

### ○ Performances mécaniques des matériaux traités



- Résultats issus des prélèvements chantier 2012 similaire à l'étude de 2009
- Etude février 2012 significativement décalée

- Les résultats issus des carottages à trois ans valide le dimensionnement

| Parametre de dimensionnement $\sigma_t$ et module E (Determiné à partir des RTd et Module) |       |                  |       |               |                         |          |      |               |                         |
|--|-------|------------------|-------|---------------|-------------------------|----------|------|---------------|-------------------------|
|  |       | $\sigma_d$ (mpa) |       |               |                         | Module E |      |               |                         |
| Campagne   |       | 2009             | 2012  | 2012 chantier | carottage 2015 chantier | 2009     | 2012 | 2012 chantier | carottage 2015 chantier |
| Échéance   | 60 j  | 0.358            | 0.326 | 0.348         |                         | 7406     | 6752 | 10329         |                         |
|  | 180 j | 0.441            | 0.378 | 0.480         |                         | 8036     | 6036 | 10034         |                         |
|  | 360 j | 0.556            | 0.400 | 0.639         | 0.760                   | 10462    | 7331 | 9193          | 10250                   |

- Validation des études de 2009 et 2012 (prélèvements chantier) <sup>54</sup>

# REALISATION DE LA ROUTE DU FREYCINET 12

## ○ Comportement de la structure sur trois ans : Mesure de la déflexion

| Date             | Mesures de déflexion                        |                     |                              |
|------------------|---|---------------------|------------------------------|
|                  | Support réceptionné                         | Résultats<br>1/100m | Déflexion<br>caractéristique |
| 7j-05/07/2012    | 30 cm sédiments -<br>6cm EME + 5 cm<br>BBME | Mini = 0            | 33.4 / 100 mm                |
|                  |   | <b>Moy = 15.4</b>   |                              |
|                  |   | Max = 44            |                              |
| 40j-27/08/2012   | 30 cm sédiments -<br>6cm EME + 5 cm<br>BBME | Mini = 0            | 18 / 100 mm                  |
|                  |   | <b>Moy = 7.7</b>    |                              |
|                  |   | Max = 28            |                              |
| 360j-21/06/2013  | 30 cm sédiments -<br>6cm EME + 5 cm<br>BBME | Mini = 0            | 18.7 / 100 mm                |
|                  |   | <b>Moy = 8</b>      |                              |
|                  |   | Max = 47            |                              |
| 2 Ans-27/06/2014 | 30 cm sédiments -<br>6cm EME + 5 cm<br>BBME | Mini = 0            | 14.6 / 100 mm                |
|                  |   | <b>Moy = 5</b>      |                              |
|                  |   | Max = 20            |                              |
| 3 Ans-13/05/2015 | 30 cm sédiments -<br>6cm EME + 5 cm<br>BBME | Mini = 0            | 19 / 100 mm                  |
|                  |   | <b>Moy = 6</b>      |                              |
|                  |   | Max = 28            |                              |



- Maintien du comportement mécanique sur le suivi à trois ans  
➔ confirmation des performances mécaniques par rapport aux déflexions
- Absence de fissure , la chaussée garde toute son intégrité

## ○ Bilan

- L'Etat initial des sédiments est fondamentale pour être prédictif
- Nécessité d'utiliser un processus de traitement identique
- ➔ la Reproductibilité des études de formulation est possible

La méthodologie de valorisation en technique routière est validée

# REALISATION DE LA ROUTE DU FREYCINET 12

## ❖ Bilan environnemental

### ○ Suivi des valeurs de lixiviation sur trois ans

| Paramètres       | Éprouvette de laboratoire (Cure de 28 jours) | Carottes du Freycinet 12 (Cure de 3 ans) | Seuils SETRA à respecter par les échantillons |               |             | Seuils d'exclusion du SETRA |
|------------------|--|--|---|---------------|-------------|-----------------------------|
|                  |  |  | au moins 80 %                                 | au moins 95 % | 100%        |                             |
| As               | < 0,1  | < 0,1                                    | 0,5   | 1             | 1,5         | 2                           |
| Ba               | 9,4 ± 0,1                                    | 1,7 ± 0,1                                | 20  | 40            | 60          | 100                         |
| Cd               | < 0,002                                      | < 0,002                                  | 0,04  | 0,08          | 0,12        | 1                           |
| Cr               | 0,10 ± 0,01                                  | < 0,01                                   | 0,5   | 1             | 1,5         | 10                          |
| Cu               | 1,6 ± 0,2                                    | 1,4 ± 0,2                                | 2   | 4             | 6           | 50                          |
| Hg               | < 0,005                                      | < 0,005                                  | 0,01  | 0,02          | 0,03        | 0,2                         |
| Mo               | 0,2 ± 0,1                                    | 0,3 ± 0,1                                | 0,5   | 1             | 1,5         | 10                          |
| Ni               | 0,2 ± 0,1                                    | 0,2 ± 0,1                                | 0,4   | 0,8           | 1,2         | 10                          |
| Pb               | < 0,1  | < 0,1                                    | 0,5   | 1             | 1,5         | 10                          |
| Sb               | < 0,03                                       | < 0,03                                   | 0,06  | 0,12          | 0,18        | 0,7                         |
| Se               | 0,1 ± 0,1                                    | < 0,01                                   | 0,1   | 0,2           | 0,3         | 0,5                         |
| Zn               | < 0,4  | < 0,4                                    | 4   | 8             | 12          | 50                          |
| Fluorures        | < 6  | < 6                                      | 10  | 20            | 30          | 150                         |
| Chlorures        | 1463 ± 140                                   | 1392 ± 96                                | 800   | 1600          | 2400        | 15000                       |
| Sulfates         | 133 ± 12                                     | 702 ± 117                                | 1000  | 2000          | 3000        | 20000                       |
| Fraction soluble | 8830 ± 800                                   | 734 ± 38                                 | 4000  | 8000          | 12000       | 60000                       |
| pH               | 13 ± 0,1                                     | 12,1 ± 0,1                               | 9 ± 3,5                                       | 9,15 ± 3,65   | 9,25 ± 3,75 | -                           |

| Éléments  | Concentrations cumulées sur 64 jours en mg/m <sup>2</sup> | Seuils SQD |
|-----------|---|------------|
| As        | < 6   | 260        |
| Ba        | 8,7 ± 3,5   | 1500       |
| Cd        | < 0,2   | 3,8        |
| Co        | < 2   | 60         |
| Cr        | < 1   | 120        |
| Cu        | 8,0 ± 1,5   | 98         |
| Hg        | < 0,04  | 1,4        |
| Mo        | 3,3 ± 0,5   | 144        |
| Ni        | 1,2 ± 0,4   | 81         |
| Pb        | < 4   | 400        |
| Sb        | < 7,3   | 8,4        |
| Se        | < 4,6   | 4,8        |
| V         | 6,7 ± 0,6   | 320        |
| Zn        | 0,8 ± 0,6   | 800        |
| Fluorures | 372 ± 191   | 2500       |
| Chlorures | 21310 ± 3181  | 110000     |
| Sulfates  | 23677 ± 4912  | 165000     |

- Sédiments bruts : classification déchet non inerte non dangereux
- Lixiviation sur élément broyé
  - Au jeune âge pénalisant (FS, chlorure)
  - Conformité à trois ans : seule le taux de chlorure reste élevé
- Lixiviation sur Monolithe: Comparaison des résultats cumulés à 64 jours au seuil du référentiel « Soil Quality Decree (2008) » des Pays Bas
  - Concentration des éléments observés << au seuil SQD

➔ L'assise routière répond aux attentes des produits de construction selon la réglementation des Pays bas.



# REALISATION DE LA ROUTE DU FREYCINET 12

## ❖ Bilan du plot environnemental

- Objectif : Evaluer et mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme de la route sur son environnement

- Eléments de suivi

| Mesures à suivre pour    | Parametres à suivre                                       | Lieu                              | Moyen de Mesure                                   | Frequence des mesures   |
|--------------------------|---|-----------------------------------|---|---|
| Route à base de sédiment | Qualité des eaux de la cuve                               | Route du Freycinet 12 à Dunkerque | Equipement et Methode de prelevement et d'analyse | Une mesure par mois pour l'eau de la cuve et du Piezometre durant un an |
|                          | Qualité des eaux du Piezometre                            |                                   |   |   |
|                          | Qualité d'eau lixiviée des carottes prélevées de la route |                                   |   | 60 jours et 360 jour sur les carottages                                 |

- Méthodologie de prélèvement



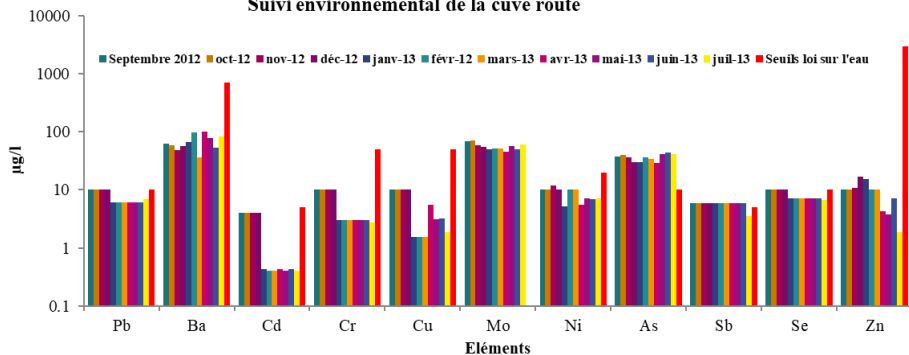
- Comparatif aux valeurs seuils de la qualité des eaux superficielles, (Arrêté du 11 janvier 2007/Consommation humaine)

# REALISATION DE LA ROUTE DU FREYCINET 12

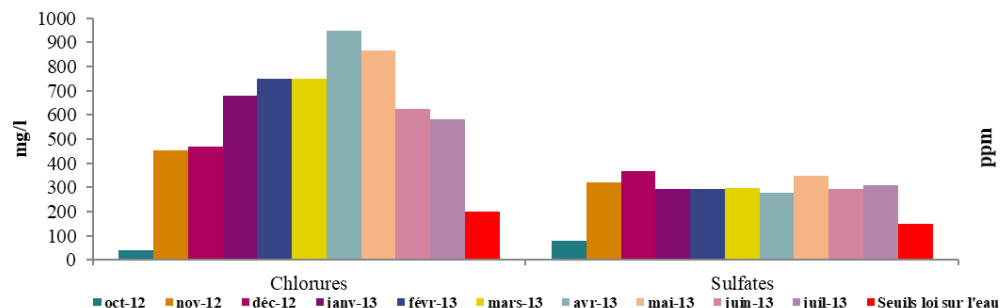
## ❖ Bilan du plot environnemental

### ○ Résultats issus de la cuve de récupération :

Suivi environnemental de la cuve route



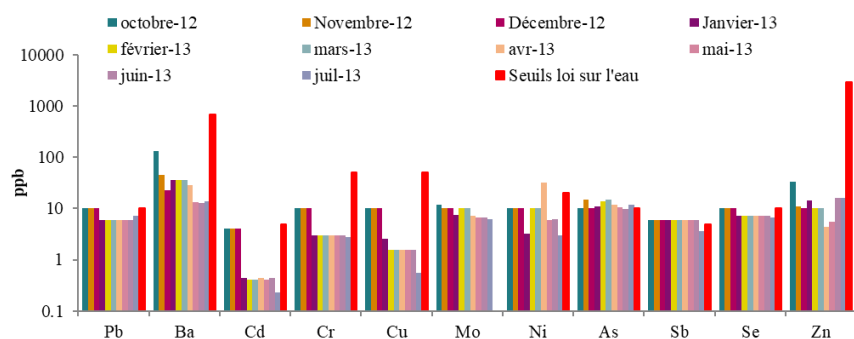
- Seuil AS > Seuil de référence
- Conformité sur les autres seuils
- Absence de seuil pour le MO



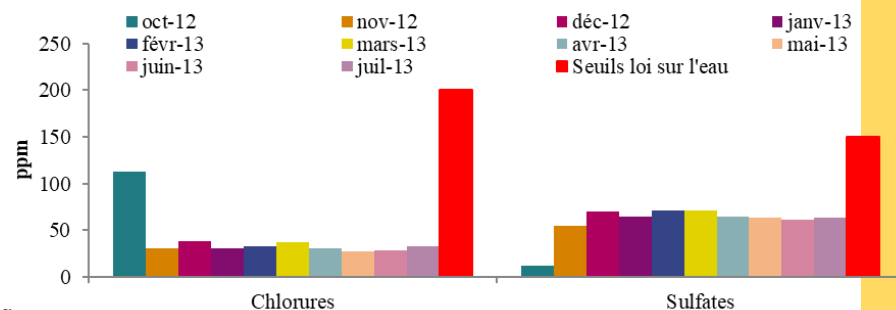
- Seuil Chlorure > facteur 4
- Seuil Sulfate > facteur 2

## ❖ Bilan du plot environnemental

### ○ Résultats issus du piézomètre :



- Seuils < Seuils de référence
- Absence de seuil pour le MO



- Seuil Chlorure < diviseur 2
- Seuil Sulfate < diviseur 2

# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

## ❖ Les perspectives Techniques

- Le verrou technologique sur la faisabilité est levé
- Bilan Economique à démontrer → Nécessité d'accepter le surcoût
- Prise en compte d'une valeur négative au regard de la mise en décharge

## ❖ Approche environnementale

- Les essais de lixiviation selon le référentiel SQD des Pays bas sur monolithe sont conformes au jeune âge
- A l'échéance de trois ans , les essais sur échantillons broyés sont conformes
- Aucun impact des sédiments traités sur son environnement
- Résultats sur le piézomètre < seuil A1 de la loi sur l'eau
- Utilisation des sédiments traités en tout usage selon guide CEREMA

# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- ❖ Création de la chaire industrielle sous l'impulsion de l'IMT de Douai en 2014
  - Aspects technico-économiques et environnementaux sur la valorisation des sédiments → Approche sous 5 actions
    - Action 1 : Améliorer la caractérisation environnementale des sédiments,  
→ Approche différente entre la méthodologie nationale du SETRA et celle déployée aux Pays Bas (Valorisation des matériaux alternatifs).
    - Action 4 : Améliorer et adapter les méthodes de traitement des sédiments  
→ Démonstration de la nécessité de préparer de manière adéquate ce matériau en fonction des procédés de formulation envisagés à l'échelle industrielle.
    - Action 5 : Travail de formulation de matériaux alternatifs à base de sédiments  
→ Mise au point de matériaux routiers à forte valeur ajoutée (type BCR) .

# CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Expertise acquise par COLAS, EQIOM et l'IMT Lille Douai
  - ➔ Proposer aux gestionnaires de sédiments des solutions concrètes de valorisation pérenne.
  - ➔ Aider les gestionnaires à s'adapter aux changements réglementaires à venir.
  
- Poursuite des travaux de recherche au travers de :

## **Chaire Innovation « Economie circulaire des Sédiments » Ecosed Digital 4.0**

# CHANTIERS-TEST DE VALORISATION DE SEDIMENTS FLUVIAUX EN APPLICATION DE TRAVAUX PUBLICS

METROPOLE EUROPEENNE DE LILLE (MEL)



Nicolas PRUDHOMME

Ingénieur Etudes et Conduites d'opérations Assainissement

LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE  
LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE  
13-14 JUIN 2019 - DUNKERQUE



QUAND LES TALENTS  
GRANDISSENT,  
LES COLLECTIVITÉS  
PROGRESSENT

# UN PROJET PARTENARIAL



---

# SOMMAIRE

---

- L'enjeu de la valorisation des sédiments fluviaux pour la MEL
- Présentation générale du projet
- Bilan des projets antérieurs de valorisation
- Le marché d'AMO
- Les chantiers tests



# L'ENJEU DE LA VALORISATION DES SEDIMENTS

## La MEL est concernée par la gestion des sédiments « fluviaux » à plusieurs titres :

- Prise de compétence sur les voies d'eau décentralisables comme le canal de Roubaix
- Gestion des fossés et des plans d'eau (base des prés du hem, lac du héron) dans la compétence assainissement
- GEMAPI
- La valorisation est une option prioritaire de gestion des sédiments inscrite dans la démarche SEDIMATERIAUX

## L'ENJEU DE LA VALORISATION DES SEDIMENTS

**Une valorisation des sédiments inscrite dans la continuité des pratiques historiques de développement durable à la MEL :**

- matériaux recyclés sur les chantiers de travaux publics
- Agenda 21

**...mais aussi dans un contexte réglementaire précis et ambitieux : Loi de transition énergétique.**

- Objectif de 50 % de matériaux utilisés sur les chantiers de travaux publics issus du réemploi, de la réutilisation ou du recyclage de déchets en 2017.
- Objectif de 70 % de recyclage en 2020 sur les chantiers de travaux publics.

# ENJEUX ET OBJECTIFS DU PROJET

## Enjeux :

- Préserver les ressources en granulats naturels en complétant l'offre de matières premières dans le génie civil
- Création d'emplois / promouvoir la recherche

## Objectifs :

- Développer et diversifier des filières pérennes de valorisation des sédiments fluviaux dans le domaine du génie civil
- Démultiplier les opérations de reconquête de la qualité des milieux aquatiques
- Faire évoluer le statut actuel de déchet des sédiments traités vers un statut de produit ou de co-produit

# PRESENTATION GENERALE DU PROJET

## 3 chantiers test :

- Coulis autocompactant de remblais de tranchée d'assainissement : Rue Anne et Albert Provost à Bondues, canalisation en grès de diamètre 500 mm
- Chaussée réservoir en modules cylindriques creux en béton « hydrocyl »
- Parking VL rue du Rhin à Tourcoing
- Gare bus et parking avenue Salengro à Leers



## BILAN DES PROJETS ANTERIEURS DE VALORISATION

Des **études concluantes** réalisées dans le cadre de la démarche SEDIMATERIAUX pour les filières suivantes réalisée sur la base de planches expérimentales :

- Coulis autocompactant (remblais de tranchée) formulé à base de 20 % de sédiments
- Hydrocyl (modules béton de chaussée réservoir) formulé à 5 % de sédiments

## MARCHÉ D'AMO

### **Prestations confiées à un AMO (NEO ECO/ IMT Lille Douai) :**

- Caractérisation géotechnique environnementale et minéralogique du gisement de sédiment ;
- Assistance à la rédaction des marchés de travaux pour les deux chantiers test coulis et hydrocyl;
- Assistance au montage des dossiers de subvention ;
- Suivi technique sur chantier en cours de réalisation des ouvrages ;
- Suivi mécanique et environnemental des ouvrages ;

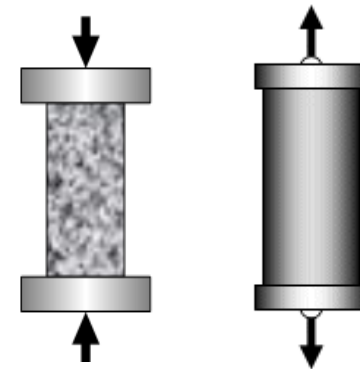
## MARCHÉ D'AMO

### Suivi mécanique et environnemental des ouvrages

Lors de cette phase, l'AMO réalisera le suivi mécanique et environnemental défini par le protocole de suivi sur les deux chantiers tests (coulis et hydrocycls).

Le suivi comprendra au minimum pour la partie mécanique des essais de traction et de compression sur les matériaux prélevés sur le pilote aux échéances suivantes :

14 j, 28 j, 60 j, 90 j, 180 j, 360 j.



---

## MARCHÉ D'AMO

---

### **Suivi mécanique et environnemental des ouvrages**

Pour le suivi environnemental, il comprendra au minimum le suivi de la qualité des eaux au contact avec les ouvrages pour les paramètres suivants :

- métaux,
- sels (sulfates, fluorures, ...),
- hydrocarbures (COT, HAP, PCB),
- DCO, DBO5, MES.

Les échéances seront rapprochées en début de suivi, puis plus espacées.



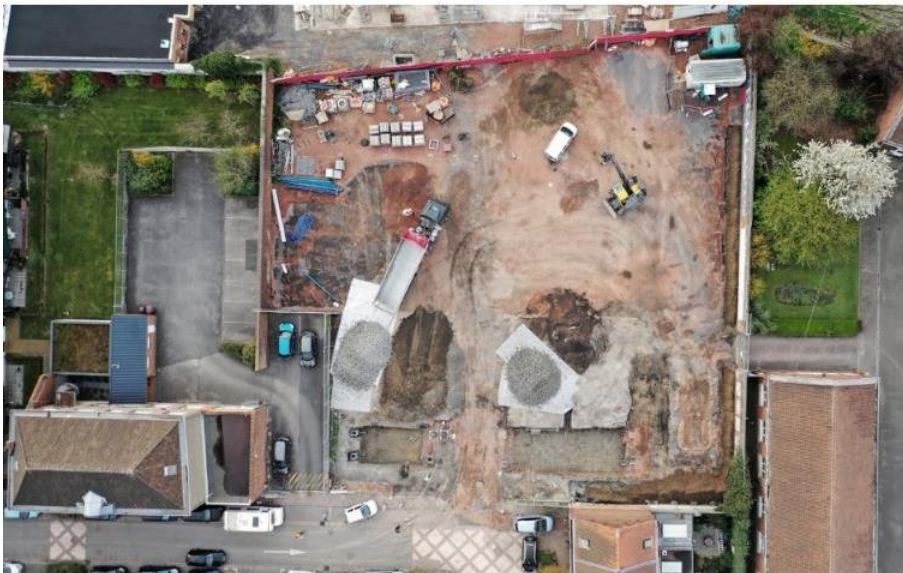
# MARCHÉ DE FOURNITURES D'HYDROCYLS



|          | Témoïn        | 5% de sédiments | 6% de sédiments | 7% de sédiments |
|----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|          | Rc 28j<br>Mpa | Rc 28j<br>Mpa   | Rc 28j<br>Mpa   | Rc 28j<br>Mpa   |
| Moyennes | 52,5          | 24,2            | 39,4            | 33,6            |



# PARKING DE LA RUE DU RHIN A TOURCOING



Maîtrise d'œuvre :  
MEL- DEPV- UTTA

**Entreprise CREA'PAV**

**Chantier  
terminé**

Ouvrage de création de parking sur la rue de Rhin à Tourcoing

- Sollicitations faibles
- Taux de substitution des sédiments maximale (6 % de la composition globale des hydrocyls)

Dimensions de l'ouvrage :

- Longueur : 19 mètres (sur 2 zones)
- Largeur : 10 mètres (sur 2 zones)
- Epaisseur : 0,55 mètres dont 0,4 mètres d'hydrocyl

# CENTRE VILLE DE LEERS



Ouvrage d'aménagement du centre de la ville de Leers

- Sollicitations modérées
- Taux de substitution des sédiments moyen (5% de la composition globale des hydrocyls)

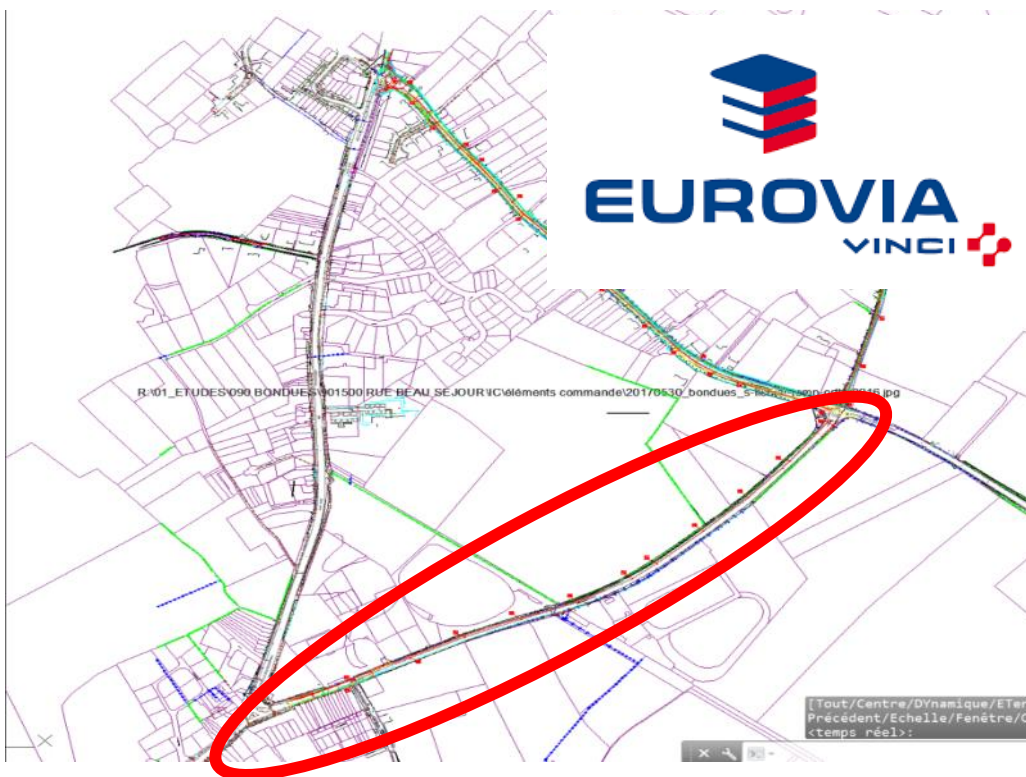
Dimensions de l'ouvrage :

- Longueur : 76 mètres
- Largeur : 10 mètres
- Epaisseur : 0,75 mètres dont 0,6 mètres d'hydrocyl

Maîtrise d'œuvre :  
MEL- DEPV- UTRV

Livraison de 230 Tonnes d'hydrocyls  
sédiments et de 230 d'hydrocyls témoin pour  
le chantier des Leers Cœur de Ville la  
semaine 28

# RUE PROUVOST A BONDUES



Livraison du coulis à 20% de sédiments  
en Juillet 2019



- Le linéaire de canalisation concerné par l'ouvrage est de 800 mètres environ.
- La canalisation est en grès de diamètre 500 mm.
- 700 m<sup>3</sup> de coulis seront donc coulés dans la zone d'enrobage de la canalisation pour moitié à base de sédiment et pour moitié en témoin.
- La maîtrise d'œuvre du chantier est assurée par le service UTTA de la direction de l'eau de la MEL.

---

# Vidéo

---

**PRODUCTION D'HYDROCYLS  
À BASE DE SÉDIMENTS**

Merci de votre attention

Temps d'échanges avec les participants

LES RENCONTRES NATIONALES DE L'INGÉNIERIE TERRITORIALE  
LES COLLECTIVITÉS LOCALES FACE AUX ENJEUX DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE  
13-14 JUN 2019 - DUNKERQUE



QUAND LES TALENTS  
GRANDISSENT,  
LES COLLECTIVITÉS  
PROGRESSENT