








R&D PROJET SEDIMED






ESSAIS DE VALORISATION DE SEDIMENTS MARINS NON-IMMERGEABLES EN TECHNIQUE ROUTIERE ET BETON




Kristof Nachtergaele - ENVISAN

Porteur du projet :  ENVISAN
TRAVAUX ENVIRONNEMENTAUX


Partenaires scientifiques/techniques :  ARMINES  INERIS  Cerema  ERG  COLAS
Midi-Méditerranée

Coordination scientifique :  neo-sud
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES EN SCIENCE DE L'INGENIERIE

Cofinanceurs publics :  DGE  ADEM  agence de l'eau
TOULON PROVENCE MEDITERRANEE  MARP  MARB

Partenaires opérationnels :  MARINE NATIONALE  PORTS TOULON PROVENCE  CCIV

1



CONTEXTE

- L'entretien périodique des voies d'accès et les zones d'accostage des ports est nécessaire pour :
 - Maintenir la navigabilité
 - L'essor du trafic maritime
 - La préservation et le développement des infrastructures portuaires
- Les sédiments non-immérgeables qui sortent des opérations de dragages sont à présent orientés vers une gestion terrestre ("déchet")
- Principal exutoire de ce "déchet sédiment": stockage en installation de stockage des déchets (ISD)
- Face à l'augmentation des coûts de gestion et considérant les volumes de sédiments à draguer
 - nécessaire de développer des solutions de valorisation de ces matériaux

2



OBJECTIF ET DOMAINE D'APPLICATION

- SEDIMED a été initié pour faire émerger des filières terrestres de gestion des sédiments :
 - Opérationnelles
 - Locales
 - Economiques
 - Conformes aux principes du développement durable et d'économie circulaire
- SEDIMED s'est appuyé fortement sur la création d'un Centre de Production d'Eco-Matériaux (CPEM) à La Seyne-sur-Mer :
 - opéré par Envisan
 - équipé d'infrastructures dédiées permettant de tester ces filières par la mise en œuvre et le suivi de prototypes d'essais à l'échelle 1

3



CPEM



4



CADRE EXPERIMENTAL


3 sédiments originaires de la Rade de Toulon aux caractéristiques physico-chimiques contrastées étudiés

1. Sédiments de **Quai Noël (QNM)**
 - Base navale de Toulon
 - fins et fortement contaminés
2. Sédiments de **Quai de Corse (QC)**
 - Port de commerce de Toulon
 - Plus grossiers et moins contaminés
3. Sédiments de **Port-Saint-Louis (PSL)**
 - Port de plaisance de Toulon
 - Sableux et faiblement contaminés





5



CADRE EXPERIMENTAL

3 types de prototypes intégrant des sédiments marins non-immérgeables mis en œuvre et suivis sur le CPEM

1. Ecomodelés paysagers (+ lysimètres)
2. Plots routiers
3. Plots bétons

Pour chacun :

- Essais et validation des formulations en laboratoire
- Définition des procédures de mise en œuvre et de suivis des prototypes sur site
- Suivi de l'évolution des prototypes sur le plan géotechnique et environnemental sur une période représentative de 1an
- Pour chaque série de prototypes réalisés ⇒ suivi d'un ouvrage témoin sans sédiment pour déterminer les différences comportementales

6



SEDIMED

CADRE EXPERIMENTAL

PLUSIEURS SUIVIS RÉALISÉS (LABO ET SUR SITE)

1. Environnemental :
 - Caractérisation physico-chimique approfondie des matériaux bruts, alternatifs et routiers (contenu total, lixiviable, dangerosité, etc.)
 - Analyse composition des eaux en contact avec les prototypes après chaque épisode pluvieux
 - suivi de la végétalisation spontanée des écomodelés
2. Géotechnique :
 - Mesure de l'évolution des résistances mécaniques sur éprouvettes et sur carottages
 - Mesure des modules dynamiques et des déflexions sur les ouvrages routiers
 - Mesure de l'évolution de la compacité des écomodelés ; Tests de durabilité des bétons
3. Analyse des risques liés à la mise en œuvre, au fonctionnement et aux suivis des prototypes

7



SEDIMED

PRÉSENTATION DES PROTOTYPES EXPÉRIMENTAUX

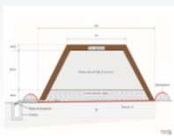
PLOTS ECOMODELES PAYSAGERS

3 plots réalisés :

1. avec 100% le sédiment contaminé : Quai Noël
2. avec 100% le sédiment moins contaminé : Quai de Corse
3. avec 100% des matériaux granulaires inertes issus de remblais (témoin)

Chaque écomodelé recouvert de 30cm de terre végétale

Longueur effective : 15m * 4.5m * 1.80m



8

**PRÉSENTATION DES PROTOTYPES EXPÉRIMENTAUX**

PLOTS ECOMODELES PAYSAGERS


10 MARS 20 AVRIL

+ Essais d'implantation végétale directement sur sédiments

+ Suivi en casiers lysimétriques

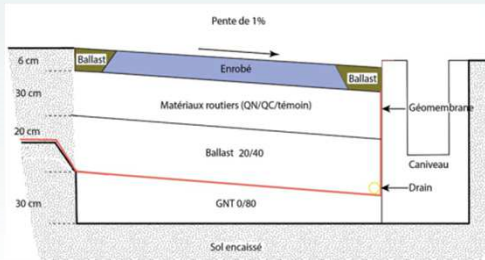
9



**PRÉSENTATION DES PROTOTYPES EXPÉRIMENTAUX**

PLOTS ROUTIERS

3 portions de route (20m*4m) réalisées :

- avec le sédiment contaminé Quai Noël Modifié (QNM) → dosage 30%
- avec le sédiment moins contaminé Quai de Corse (QC) → dosage 30%
- sans sédiment



10



PRÉSENTATION DES PROTOTYPES EXPÉRIMENTAUX

PLOTS BETON

6 blocs béton réalisés :

1. Deux blocs avec le sédiment contaminé Quai Noël – dosage 5%
2. Deux blocs avec le sédiment peu contaminé Port-Saint-Louis – dosage 21%
3. Deux témoins formulés sans sédiment



11



RÉSULTATS - CONCLUSIONS

Valorisation en technique routière : Route

Résultats obtenus sur l'année de suivi pour les **évaluations environnementales de niveau 3 du guide SETRA** :

- **Sédiments QN** (fortement contaminés)
 - Niveau 1 et 2 : lixiviation métaux et chlorures
 - Niveau 3 : problématique chlorures
- **Sédiments QC** (moyennement contaminés)
 - Niveau 1 : problématique chlorures
 - Niveau 2 : réutilisation possible -> confirmé au niveau 3
- Pour les deux : augmentation des concentrations de Ba, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb et FS dans le MR en comparaison avec MA. Raisons ?
 - Présence dans les autres composants du MR ?
 - Changement géochimique (pH)
 - Autres?

12



RÉSULTATS - CONCLUSIONS

Valorisation en technique routière : Route

Sur le plan géotechnique :

- Matériaux Routiers (MR) traités à base de sédiments permettent d'atteindre des performances mécaniques acceptables pour des chaussées à faible ou moyen trafic
- Comportement des matériaux avec sédiments similaires à celui à base de matériaux de carrière
- Très bonne stabilité des ouvrages routiers
- Teneur en matière organique = paramètre pertinent à évaluer du fait de son influence sur le temps de prise des produits

13



RÉSULTATS - CONCLUSIONS

Valorisation en technique routière : Ecomodelé Paysager

Résultats obtenus sur l'année de suivi pour les **évaluations environnementales de niveau 3 du guide SETRA** :

- **Sédiments QN** (fortement contaminés)
 - Dépassements niveau 3 pour chlorures et sulfates
- **Sédiments QC** (moyennement contaminés)
 - Dépassements niveau 3 pour chlorures et sulfates

14



RÉSULTATS - CONCLUSIONS

Valorisation en technique routière : Ecomodelé Paysager

Sur le plan géotechnique :

- Meilleur comportement des écomodelés à base de sédiments / témoin → tassement et évolution structurelle moindres
- Reprise spontanée de la végétation favorisant la stabilisation des ouvrages
- Végétalisation directement sur le sédiment (sans TV) est également possible

15



RÉSULTATS - CONCLUSIONS

Valorisation en technique routière : Route – Ecomodelé Paysager

- ⇒ **La maîtrise des teneurs en anions et de la fraction soluble représente une clé essentielle de la valorisation terrestre** : importance de la période de lagunage et des traitements à appliquer
- ⇒ Une réflexion à mener sur le plan réglementaire pour élaborer un **guide spécifique dédié à la valorisation des sédiments marins** qui permettrait d'aller jusqu'au niveau 3 et de pouvoir statuer sur les possibilités réelles de valorisation

16



RÉSULTATS - CONCLUSIONS

Valorisation en béton

Résultats obtenus sur les plots béton :

- Résistance mécanique R_c du béton diminue avec la teneur en sédiments
- La consistance (fluidité du béton) est un facteur limitant
- Teneurs mesurées dans les eaux en contact **inférieures aux seuils de potabilisation** (pourtant très restrictifs)
- **Risque environnemental** lié à la valorisation en ouvrages béton **négligeable**. La modification de la géochimie des éléments liée à l'évolution du pH par ajout de ciment est néanmoins un point à surveiller.
- Performances mécaniques et de durabilité des bétons à base de sédiments après 1 an de suivi \Rightarrow **satisfaisantes et suffisantes** pour les ouvrages prototypes fabriqués

17



Merci de votre
attention

18