

Construction d'un ouvrage d'art en béton de granulats de béton recyclés

Une innovation environnementale sur le chantier du contournement ferroviaire de Nîmes Montpellier (CNM)



François-Xavier Demalherbe, Patrick Michelon (**Oc'Via**)

Olivier Servan, Jacques Resplendino, (**setec TPI**)

Maryline Verbauwhede (**Bouygues TP**)

Isabelle Moulin, Emmanuel Perin (**Ierm groupe setec**)

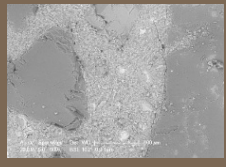
Laurent Nolot, Philippe Labbé (**Unibéton**)

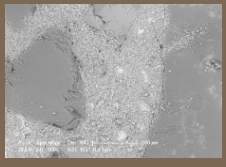
Patrick Dantec (**Recybéton**)



► Un projet collectif

Partenaires	Missions
Oc'Via Construction	Groupeur Concepteur et Constructeur
Setec	Maître d'œuvre (setec TPI) Caractérisation du granulat (lerm) Essais de durabilité des bétons (lerm) Suivi dans le temps des bétons (lerm)
Bouygues TP	Définition de la formulation et suivi des essais
Unibeton	Fournisseur du béton et essais de convenance
PN Recybéton	Approche scientifique et appui financier





► PN Recybéton

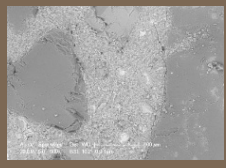
- Projet collaboratif de recherche appliquée
- 46 partenaires (MOA, MOE, entreprises, BE, ingénierie, producteurs, laboratoires publics et privés, universités,..)
- Durée de 4 ans (2012-2016)

► Objectifs

- Utiliser l'intégralité des matériaux issus des bétons déconstruits, y compris la fraction fine, comme constituants des nouveaux bétons
- Recycler les matériaux issus de la déconstruction des bétons comme matière première dans la production des ciments

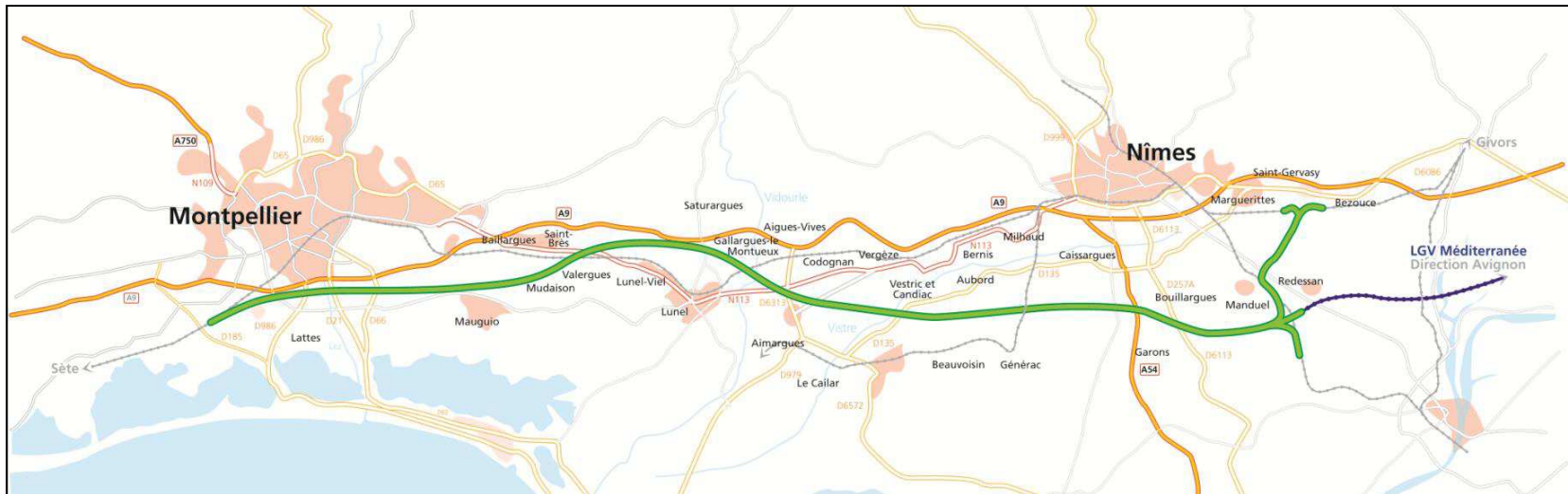
► Livrables

- Chantiers expérimentaux
- Recommandations
- Proposition évolution corpus réglementaire et normatif
- Restitution des résultats

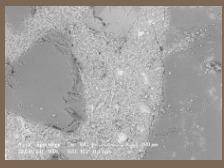


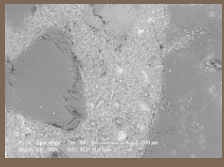
- ▶ **Vérifier la faisabilité industrielle et technique d'un béton à base de granulats de bétons recyclés**
- ▶ **Evaluer l'impact du dosage en granulat sur certaines caractéristiques techniques du bétons**
 - Taux de substitution conforme à la norme NF EN 206-1 /CN (20%)
 - Taux de substitution supérieur à la norme (40%)
- ▶ **Qualifier certaines propriétés de durabilité du béton de granulats de bétons recyclés**
- ▶ **Evaluer la pertinence d'un tel béton en ouvrage d'art**

► Première ligne à grande vitesse mixte



- **Partenariat Public Privé (PPP) signé avec RFF**
- **Oc'Via : maître d'ouvrage de CNM (hors jonctions et gares)**
 - Oc 'Via construction : groupement concepteur /constructeur
 - Ingénierie intégrée : Systra + Sétéc
 - Oc' Via maintenance : mainteneur
- **188 ouvrages**
- **Livraison en 2017**





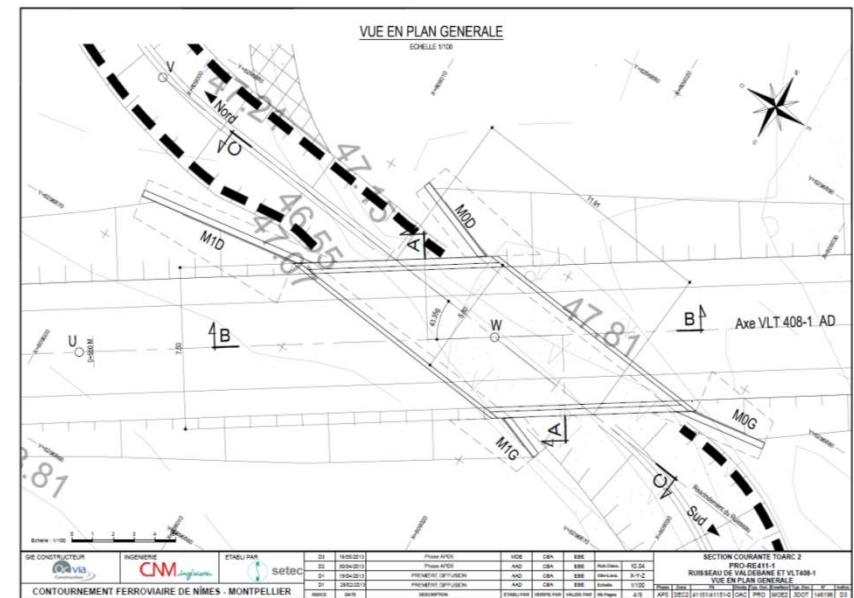
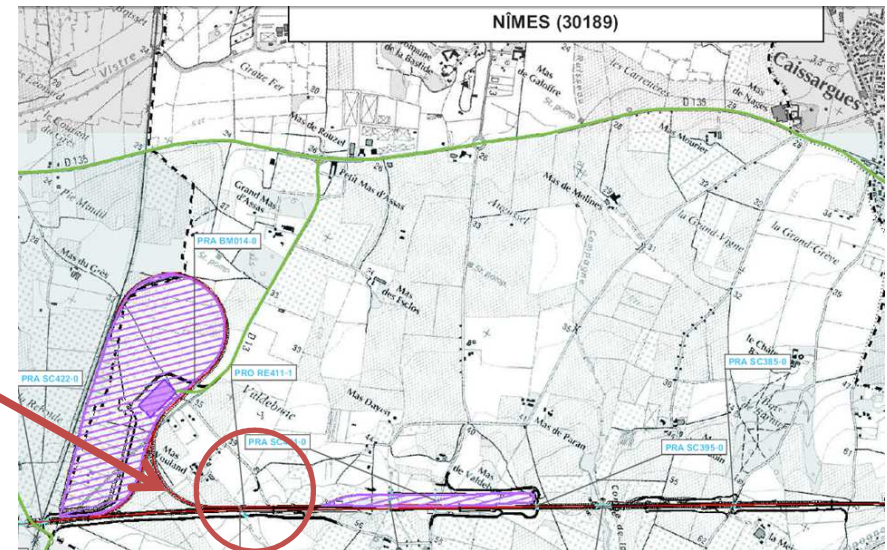
Commune de Nîmes
Franchissement du
ruisseau de Valdebane par
la véloroute

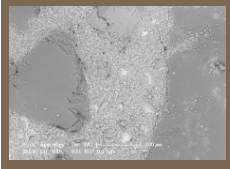
Pont cadre très biais
100 m³ de béton



Traverse, 1piédroit et 1 mur
en retour en béton de
granulats de bétons recyclés

42 m³ de béton





Partenariat et
Sélection de l'ouvrage

Première réunion
technique

Coulage de l'ouvrage



Février

Mars

Avril

Mai

Juin

Juillet

Août

Sept

Recherche de la ressource
granulat

Mise au point du programme
d'étude

Constitution du stock de
granulats

Essais sur granulat

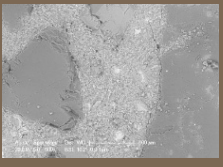
Epreuves de convenances

Caractérisation des bétons,
Essais de durabilité en
laboratoire

Suivi dans le temps
des bétons sur
ouvrage

Fin 2014

2017



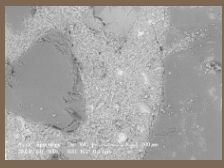
Carrière LRM (Saturargues)
Proximité de la centrale à béton (20 kg)

Production spécifique de 50 T
Sélection de blocs de béton



6,3/20
type 1

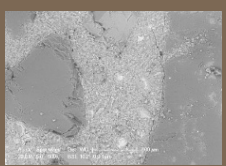
Caractérisation
selon la NF EN12620



► Caractéristiques du granulats de bétons recyclés

- 10 prélèvements (masse volumique, coefficient d'absorption, teneurs en sulfates et en chlorures)
- Analyse pétrographique sur 3 prise d'essais
- Autres paramètres échantillon moyen

Caractéristiques physiques		
Masse volumique (kg/m ³)	NF EN 1097-6	2350 – 2420
Coefficient d'adsorption (%)	NF EN 1097-6	6,1% - 7,3%
Micro Deval (%)	NF EN 1097-1	29
Los Angeles (%)	NF EN 1097-2	29
Caractéristiques chimiques		
Chlorures (%)	NF EN 1744-1 article 7	<0,01
Sulfates (%)	NF EN 1744-1 article 12	0,34
Soufre total (%)	NF EN 1744-1 article 11	0,14
Matière organique	NF EN 1744-1 article 15-1	Négatif
Sulfates solubles dans l'eau (%)	XP P18-581	0,11 – 0,15
Qualification vis-à-vis de l'alcali réaction		
Alcalins actifs (%)	Méthode LPC n°37	0,0111
Analyse pétrographique	NF EN 932-3	Calcaire
Stabilité dimensionnelle en milieu alcalin	XP P 18-594 Article 5.1	Non réactif



Etude comparative (2014) Etude /convenance /durabilité



Témoin / BGR 20%

Témoin / BGR 20% / BGR 40%
(résultats complets durabilité 2015)

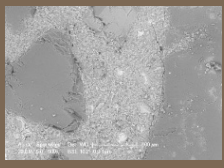
mise en œuvre / suivi long
terme sur ouvrage

mise en œuvre / suivi long
terme sur ouvrage



Véloroute en BGR 20%
été 2014

Chantier potentiel en BGR 40%
été 2015

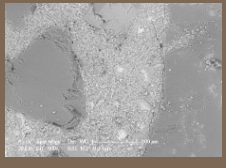


► Cahier des charges formulation

- C35/45
- Plasticité S4
- Environnement XF1 – XA1
- $E_{eff}/C = 0,45$

► Substitution de 20% des gravillons

Constituants (kg/m ³)	Témoin	20% GBR
CEM I 52.5 N SR3 CE PM (Calcia)	320	320
Laitier moulu (Ecocem)	60	60
Sable 0/4 SCL (montfrin GSM)	850	850
Gravillon 6,3/16 RL (montfrin GSM)	450	270
Gravillon 11,2/22,4 c (caveirac GSM)	450	450
Gravillon 6,3/20 recyclé (Irm)	-	180
CIMPLAST 115	0,76	0,76
SIKA PLAST TECHNO 80	2,66	2,66
Eau totale	190	190
$E_{eff}/Liant$ équivalent	0,44	0,44



► Fabrication des bétons

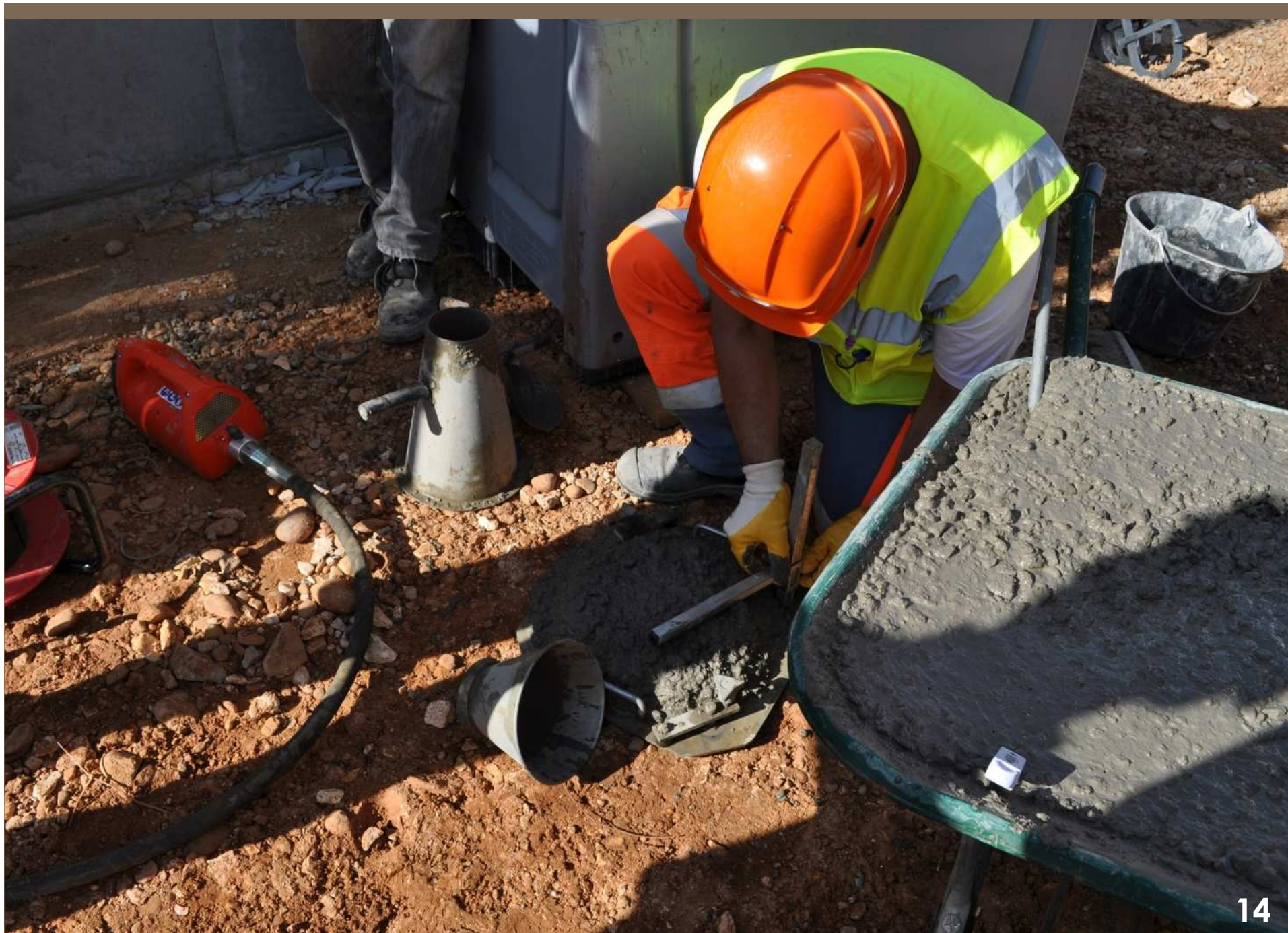
- Centrale Unibéton de Nîmes

► Caractéristiques à l'état frais et durcis

Formule	Témoin	20% BGR
Béton frais		
Slump à T0 (mm)	230	235
Slump à T60 (mm)	225	220
Slump à T120 (mm)	190	215
Masse volumique (kg/m ³)	2356	2340
Air Occlus (%)	2	2,9
Béton durci		
Résistance en compression à 7 jours (MPa)	44	38
Résistance en compression à 14 jours (MPa)	-	47
Résistance en compression à 28 jours (MPa)	55	57
Résistance en traction à 28 jours (MPa)	4,0	3,8



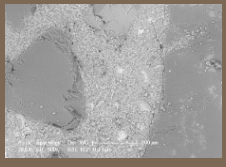
13



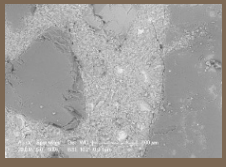




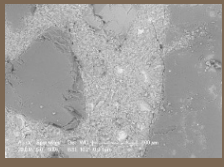




Formule	Témoin	20% GBR
Porosité accessible à l'eau NF P 18-459 (%) à 90 jours	12,8	14,6
Perméabilité à l'oxygène XP P18-463 (10^{-18} m^2) à 90 jours	-	213
Coefficient de diffusion des ions chlorures XP P18-462 ($10^{-12} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) à 90 jours	-	9,6
Carbonatation accélérée selon la norme XP P 18-458 (mm) à 90 jours	-	7,1
Test de performance RAG NF P18 454 (%) à 20 semaines	-	0,0128
Retrait total ($\mu\text{m}/\text{m}$) à 90 jours	470	540
Retrait endogène ($\mu\text{m}/\text{m}$) à 90 jours	20	100



- Disponibilités des matériaux recyclés insuffisantes actuellement
- La fabrication, le transport et la mise en œuvre n'ont pas posé de problèmes particuliers
- Aucune opération spécifique de pré-humidification des granulats n'a été nécessaire
- Faisabilité industrielle du recyclage du béton dans le béton pour un ouvrage d'art (20%)



- ▶ Suivi durabilité sur l'ouvrage (échéances 1 et 3 ans minimum)
- ▶ Résultats concluants de l'étude béton avec 40% de substitution des gravillons
- ▶ Nouvel ouvrage CNM à l'étude avec un tel béton