

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

Pont Véloroute du contournement ferroviaire de Nîmes Montpellier (CNM)

 **RECYBETON**



setec



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**)

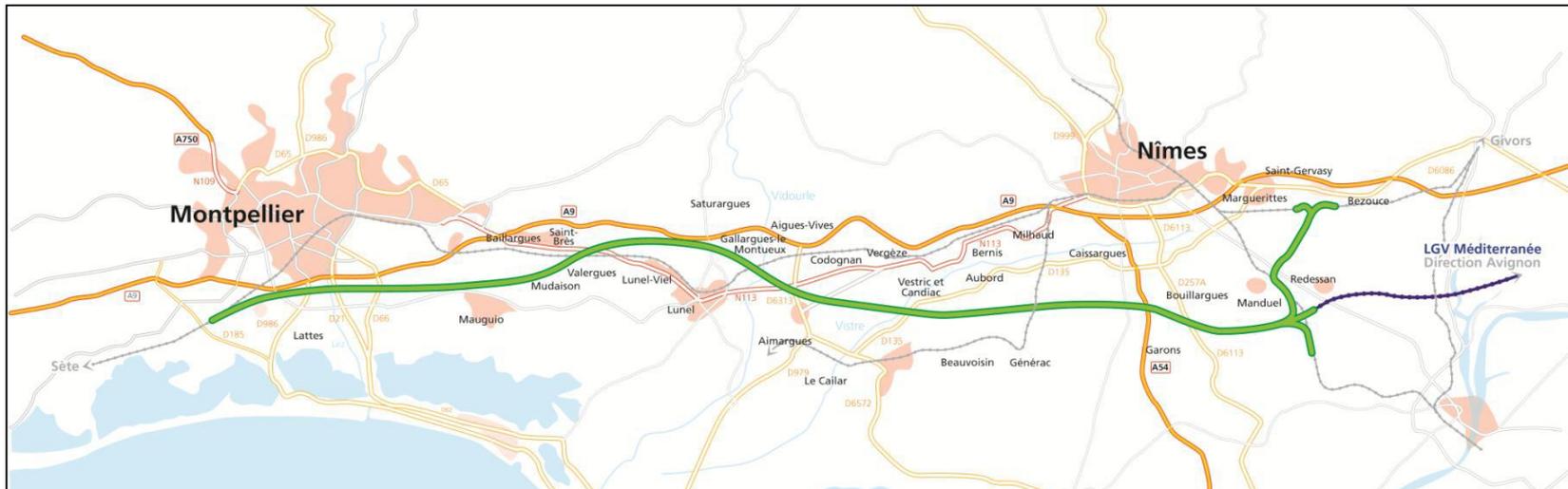
Impacts énergétiques,
environnementaux et
sanitaires

► Un projet collectif

| Partenaires | Missions |
|----------------------------|---|
| Oc'Via Construction | Groupement 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 |



► 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





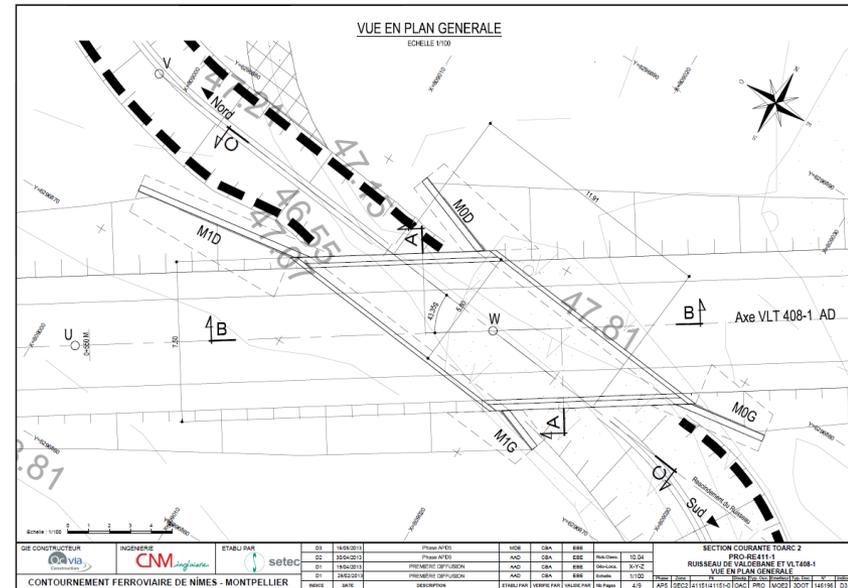
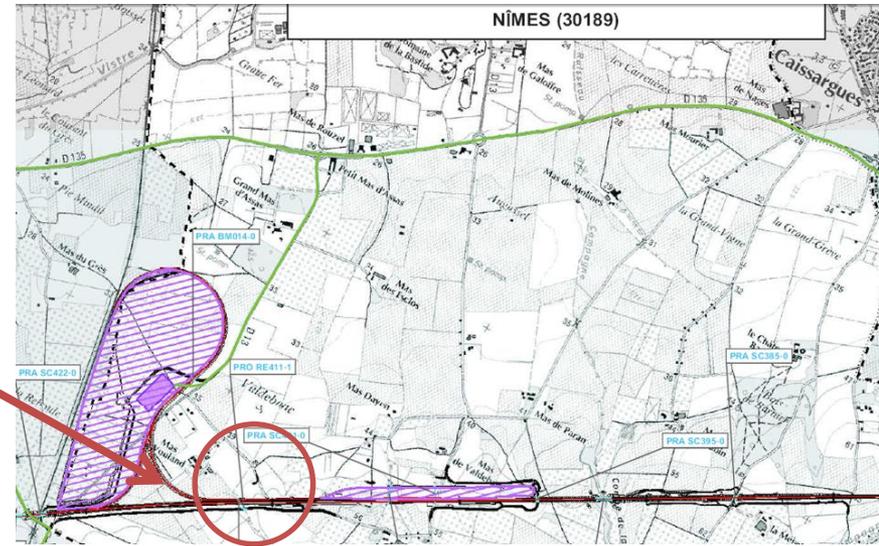
Commune de Nîmes
Franchissement du
ruisseau de Valdebane par
la véloroute

Pont cadre très biais
100 m³ de béton



Traverse et 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

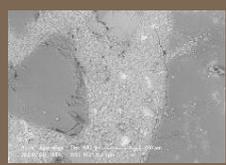
Caractérisation des bétons,
Essais de durabilité en
laboratoire

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 |



Première étude comparative

Témoin / BGR 20%



Etude béton
Convenance
Durabilité



Véloroute en BGR 20%
été 2014

Mise en œuvre
Suivi long terme sur ouvrage

Deuxième étude comparative

Témoin / BGR 20% / BGR 40%



Etude béton
Convenance
Durabilité



Chantier en BGR 40% à
l'étude





► Cahier des charges formulation

- C35/45
- Plasticité S4
- Environnement XF1 – XA1
- Eeff/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) | 860 | 850 |
| Gravillon 6,3/16 RL (montfrin GSM) | 340 | 270 |
| Gravillon 11,2/22,4 c (caveirac GSM) | 595 | 450 |
| Gravillon 6,3/20 recyclé (Irm) | - | 180 |
| CIMPLAST 115 | 0,76 | 0,76 |
| SIKA PLAST TECHNO 80 | 2,66 | 2,66 |
| Eau totale | 182 | 190 |
| Eeff/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 |













| 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 total ($\mu\text{m}/\text{m}$) à 180 jours | 520 | 550 |
| Retrait endogène ($\mu\text{m}/\text{m}$) à 90 jours | 20 | 160 |
| Retrait endogène ($\mu\text{m}/\text{m}$) à 180 jours | 30 | 190 |



- ▶ Pas de difficulté particulière lors de la fabrication, le transport et la mise en œuvre
- ▶ 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

