

Caractérisation du comportement environnemental de bétons recyclés

Différences observables entre le comportement à la
lixiviation d'un béton témoin et d'un béton recyclé



Impacts énergétiques,
environnementaux et
sanitaires

Colloque RECYBETON – Emmanuel VERNUS / PROVADEMSE



16/06/2015





- ▶ Caractériser les éventuelles différences de comportement à la lixiviation existantes entre des bétons élaborés avec des granulats recyclés du programme Recybéton et des bétons élaborés avec des granulats de carrière
 - Revue bibliographique : travaux scientifiques menés sur le thème du relargage de bétons contenant des granulats recyclés
 - Mise en œuvre de formulations « témoin » et « recyclé »
 - Estimation de la variabilité du relargage (première approche)
 - Caractérisation de la dynamique de relargage : essais relevant de la normalisation européenne CEN TC351/TS2
- + Caractérisation des matériaux en « Fin de vie »





- ▶ Contexte réglementaire et normatif de l'émission de substances dans l'eau
 - RPC : EF n°3 Hygiène, Santé et Environnement
 - d) Rejet de substances dangereuses dans les eaux souterraines, les eaux marines, les eaux de surface ou le sol
 - e) Rejet de substances dangereuses dans l'eau potable ou de substances ayant un impact négatif sur les eaux potables
 - CEN TC 351 : normes harmonisées d'évaluation de l'émission de substances dans l'eau
 - TS 16637-1 : document guide
 - TS 16637-2 : essai de lixiviation surfacique
 - prCEN TS-3 : essai de percolation
 - Perspectives d'évolution réglementaire : pas de seuils en France, seulement aux Pays Bas et en Allemagne



- ▶ Comportement comparé entre béton et béton recyclé
 - Comportement en fonction du pH – Modélisation LeachXS :
 - « **Aucune différence sur la caractérisation du comportement à la lixiviation du béton classique et du béton recyclé** »
 - Comportement à moyen terme – Essai sur monolithe :
 - « **le comportement des cations métalliques et des oxyanions est indépendant du type de béton ou du pourcentage de remplacement de granulats naturels** »
 - Comportement à l'échelle pilote :
 - « usage en travaux routiers de granulats recyclés »
(hors sujet pour Recybéton)





- ▶ Sortie de statut de déchet : projet d'arrêté pour un usage en technique routière de granulats issus de déchets du BTP
 - Usage de granulats issus de béton en couche de roulement (seul type d'usage concerné par le PN Recybéton)

Valeurs limites à respecter pour la famille « BETON »	
Analyse en lixiviation (NF EN 12457-2 ou NF EN 12457-4) exprimée en mg/kg de matière sèche	
Paramètres	Usage routier de type 3
As	0,6
Ba	25
Cd	0,05
Cr total	0,6
Cu	3
Hg	0,01
Mo	0,6
Ni	0,5
Pb	0,6
Sb	0,08
Se	0,1
Zn	5
Fluorures	13
Chlorures	1000
Sulfates	1300





► Rappel des objectifs – Moyens d'essai

- Observer et comparer (première approche) la gamme de variation des données de relargage des 3 formulations (essai EN 12457-2) :
 - Béton témoin
 - Béton recyclé à 30% de graves recyclées
 - Béton recyclé à 100% de graves et sables recyclés

- Observer et comparer la dynamique de relargage des 3 formulations à l'état monolithique (essai TS 16637-2) :
 - Béton témoin
 - Béton recyclé à 30% de graves recyclées
 - Béton recyclé à 100% de graves et sables recyclés

- + Caractériser les matériaux au regard de leur gestion en fin de vie : exploitation des résultats de l'essai EN 12457-2





► Formulations testées

- Témoin C25/30 0R 0R
- Formulation standard (30% graves) C25/30 0R 30R
- Formulation 100% de recyclés C25/30 100R 100R

- Ciment : CEM II/A-L 42,5 Rochefort (HOLCIM)
- Filler calcaire : Betocarb HP EB
- Mise en œuvre : IFSTTAR
- Eprouvettes : D11/H22 cm coulées en moules carton

- Temps de cure : 90 jours dans leur moule (IFSTTAR)
(limitation de la fissuration de peau et protection lors du transport)

- Fourniture : 30 Octobre 2014
- Fin de cure : 12 Novembre 2014

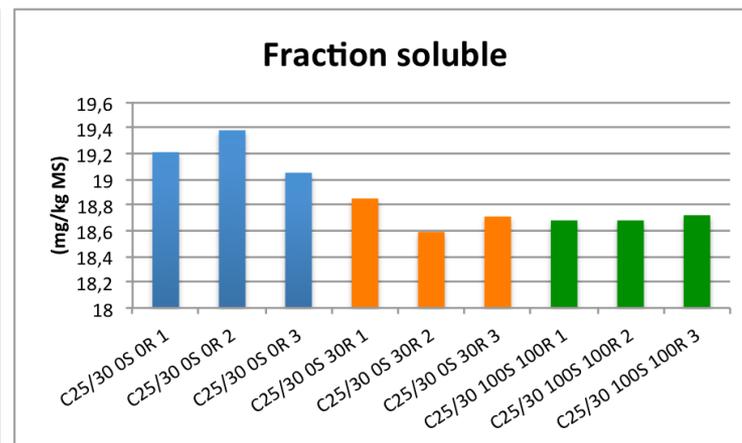
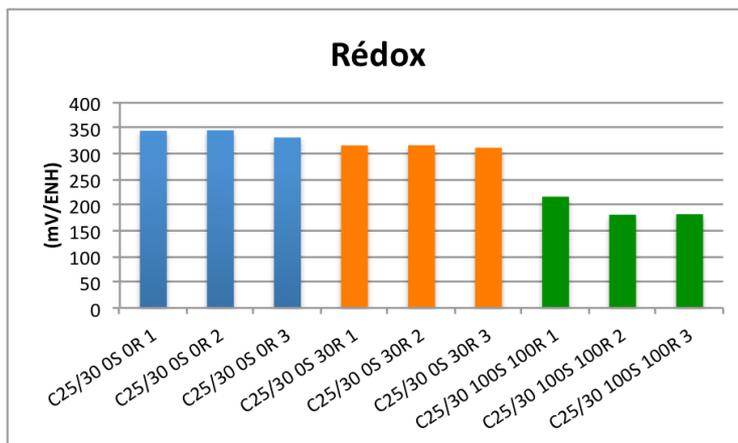
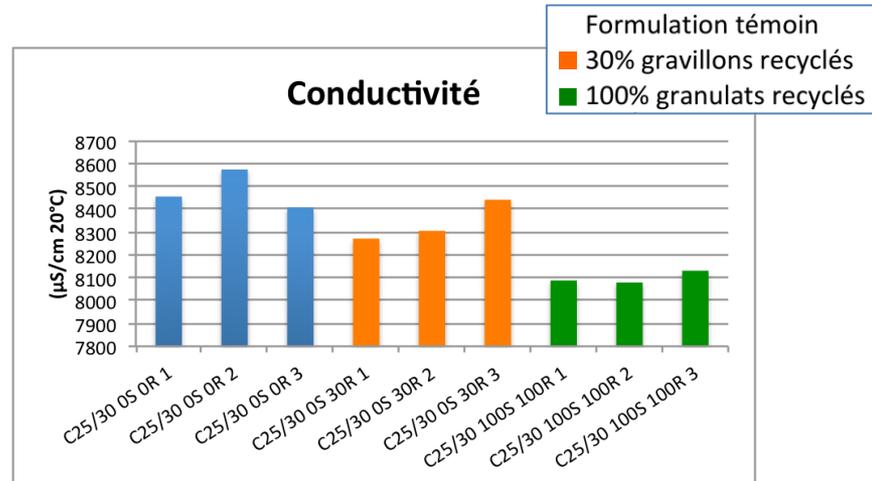
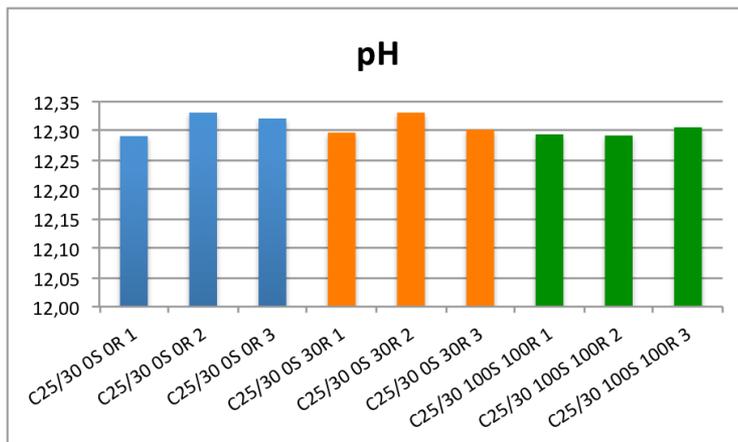




- ▶ Choix du protocole (NF EN 12457-2)
 - Essai largement éprouvé dans le domaine des déchets
 - Essai permettant de quantifier une fraction lixiviable en conditions standard (pas « réaliste »)

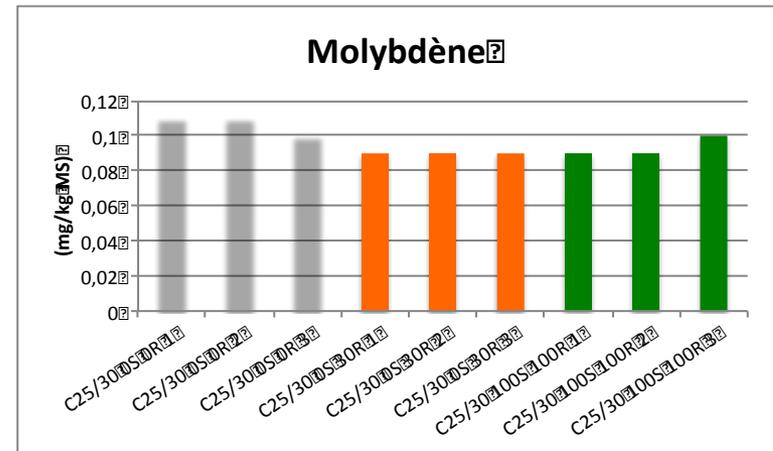
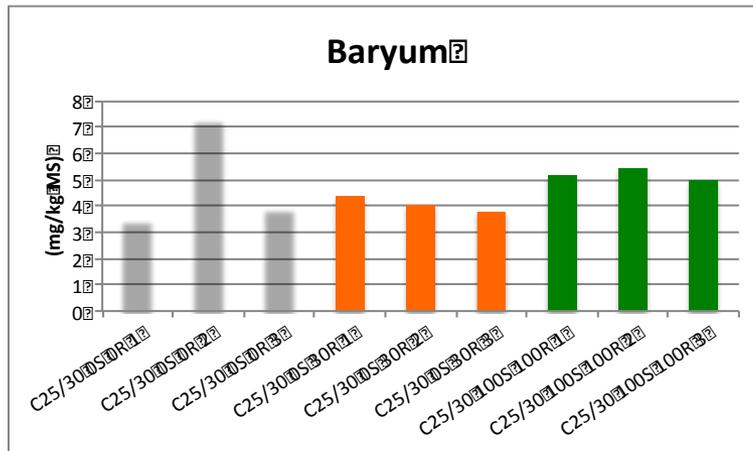
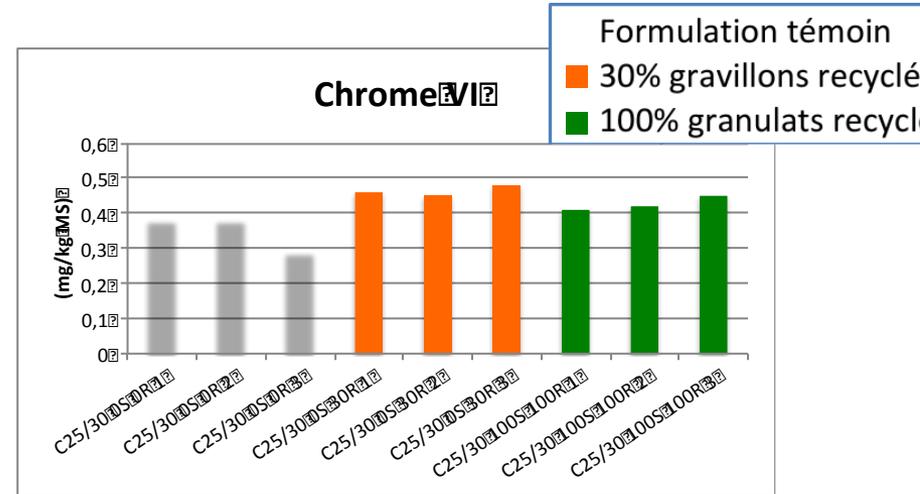
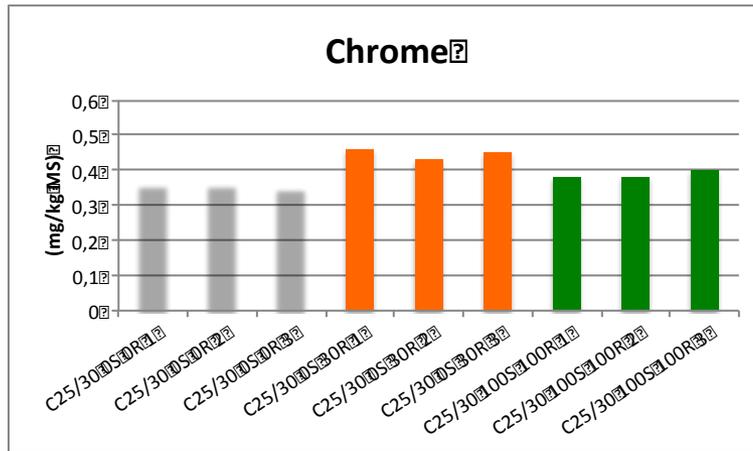
- ▶ Protocole d'essai NF EN 12457-2
 - Concassage de 3 éprouvettes par formulation
 - Tamisage à 4 mm
 - Mise en contact 150g (MS) / 1,5 L eau
 - Agitation par retournement 24h

- ▶ Liste de paramètres de suivi (Directive décharge)
 - As, Ba, Cd, Cr, **CrVI**, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn,
 - chlorures, fluorures et sulfates



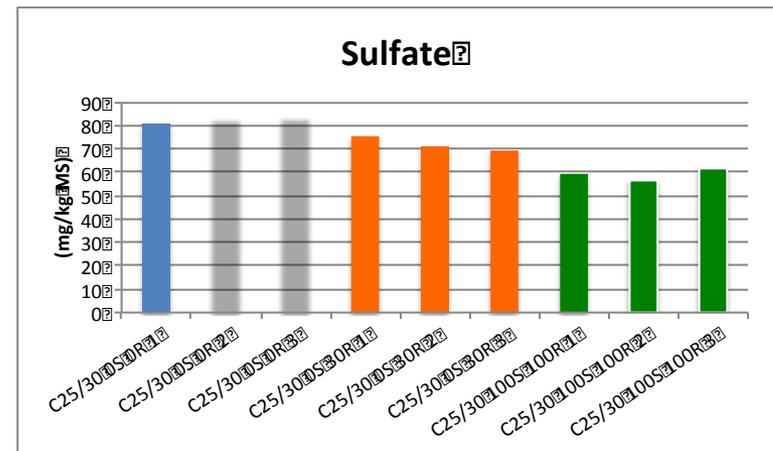
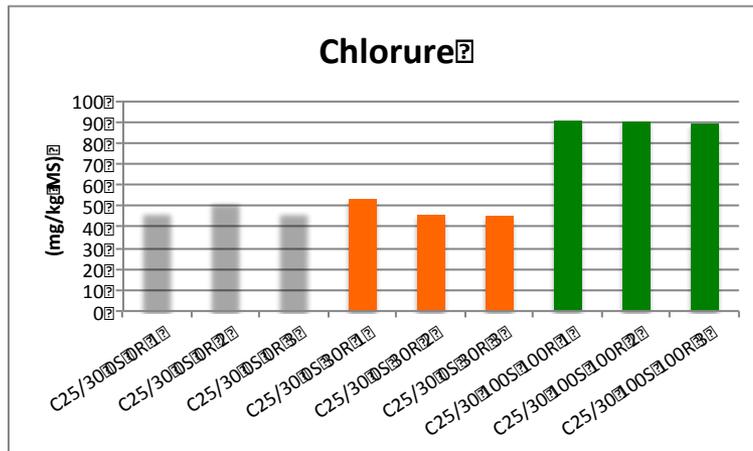
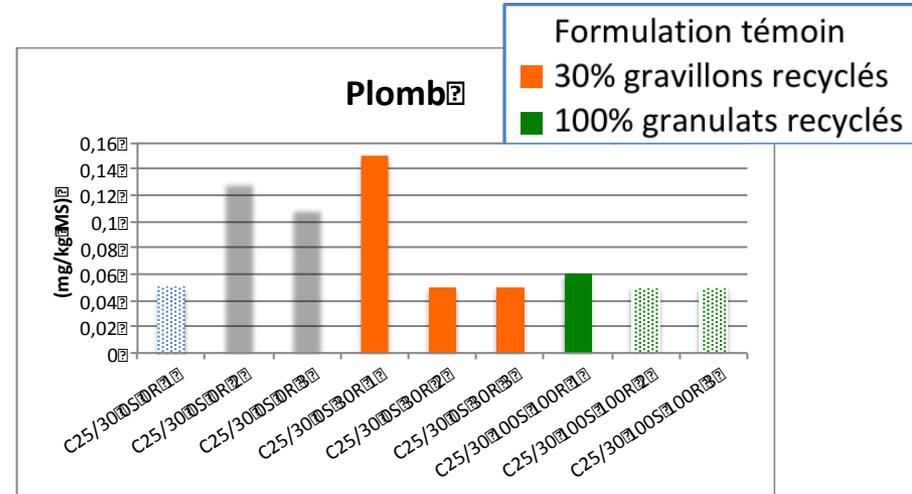
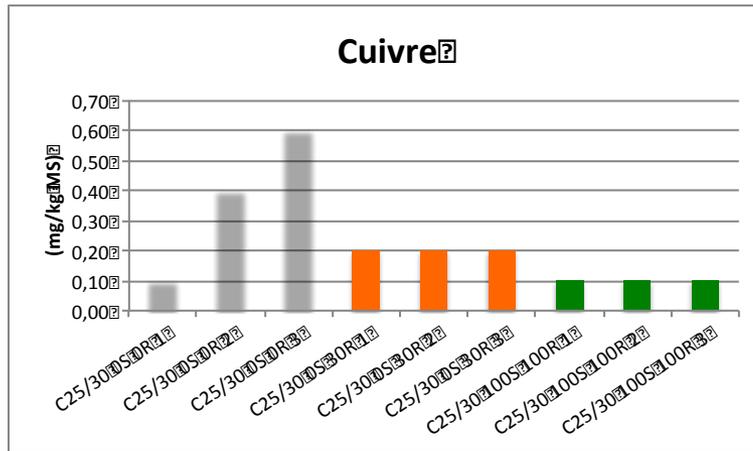
- légère diminution de l'émission globale de sels minéraux, électriquement conducteurs
- légère diminution du caractère oxydant de la solution





pas de modification significative du relargage de chrome (y compris chrome hexavalent), de baryum et de molybdène





relargage légèrement diminué en cuivre, plomb et sulfates et augmenté en chlorures.





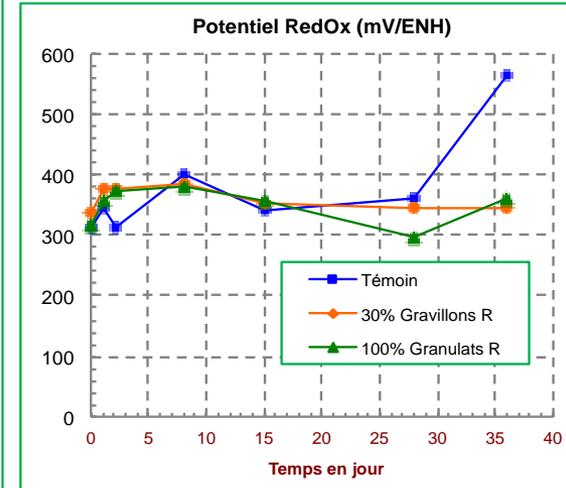
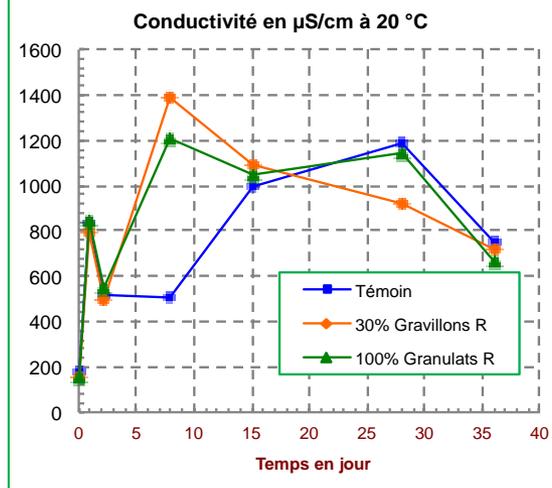
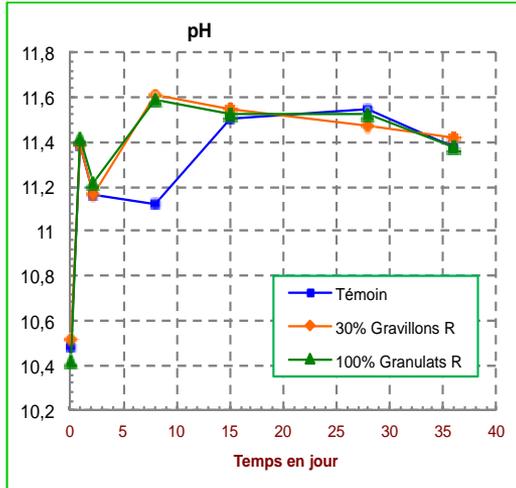
- ▶ Choix du protocole (CEN TS16637-2)
 - Essai résultant d'un consensus européen
 - Essai permettant de quantifier une fraction surfacique lixiviable en conditions standard (pas « réaliste »)

- ▶ Protocole d'essai NF EN 12457-2
 - Découpe de 1 éprouvette 4x4x4 par formulation
 - Mise en contact ratio L/A = 8 l/m²
 - Renouvellement périodique

Etape Fraction	Durée de l'étape en jours	Durée depuis le démarrage de l'essai (t ₀) en jours
1	0.08	0.08
2	0.92	1.00
3	1.25	2.25
4	5.75	8.0
5	7	15.0
6	13	28.0
7	8	36.0

- ▶ Liste de paramètres de suivi (Directive décharge)
 - As, Ba, Cd, Cr, **CrVI**, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Zn,
 - chlorures, fluorures et sulfates



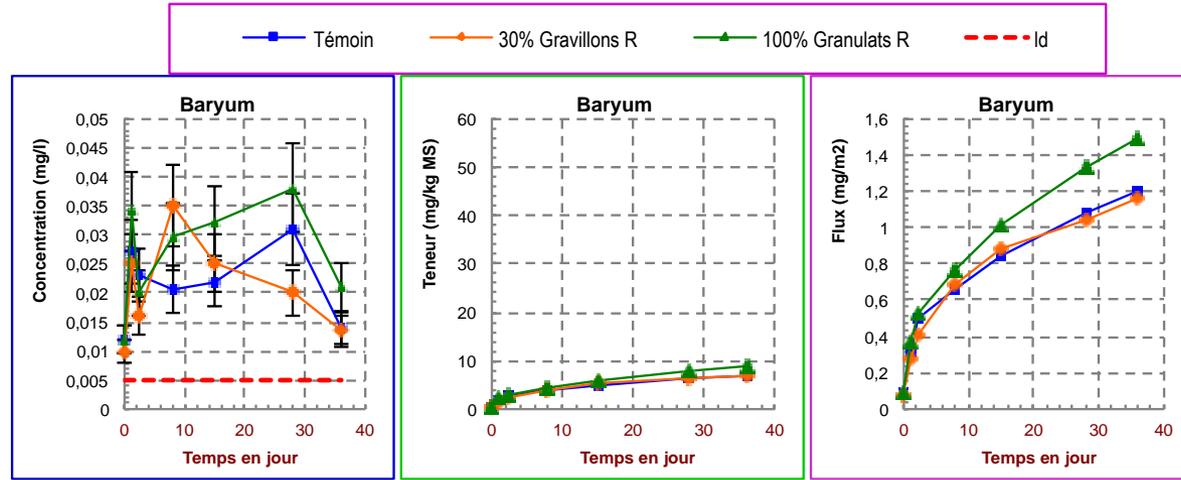


Ces paramètres varient relativement peu au cours du temps.
Ces paramètres apparaissent très proches d'une formulation à l'autre



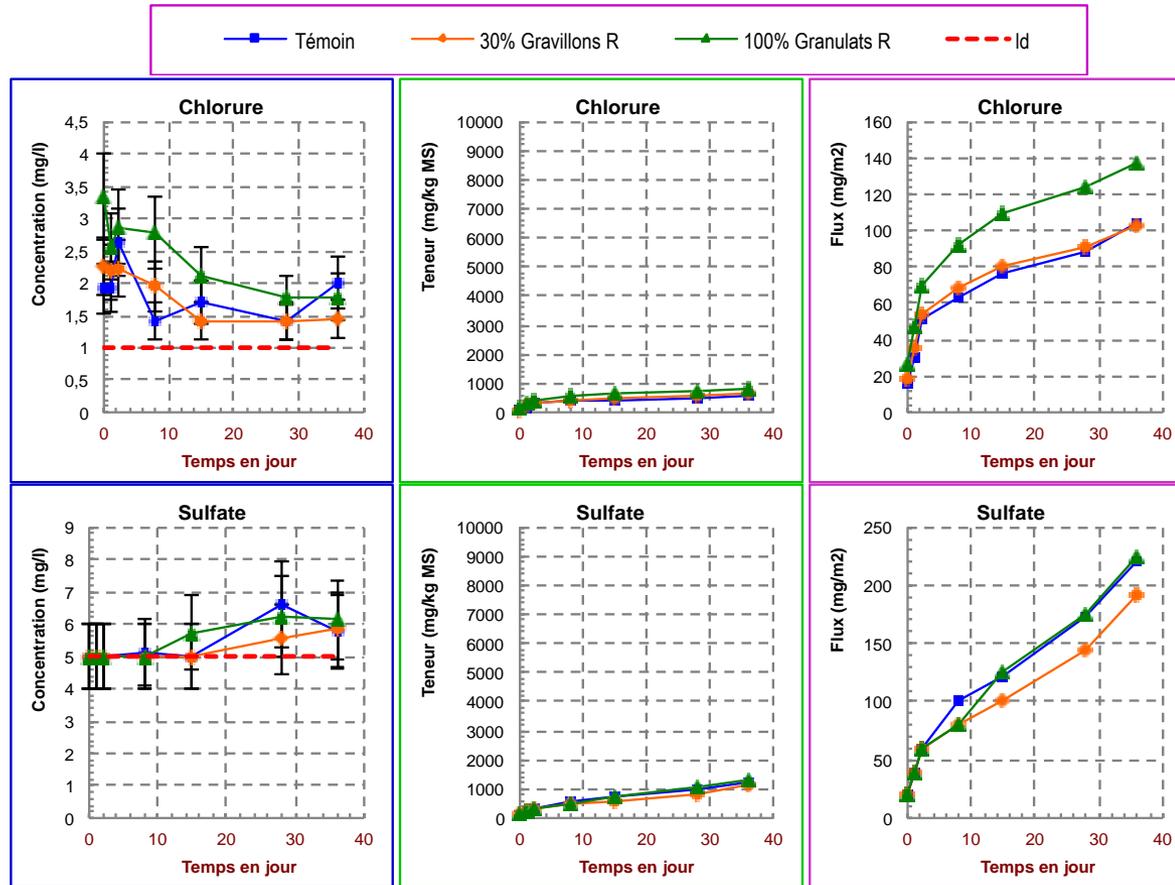
► Cas du Baryum

Résultats de l'essai de lixiviation sur monolithe



- Pas de différences significatives des concentrations entre les 3 formulations
- Emissions cumulées légèrement supérieures dans la formulation à 100% mais identiques au témoin pour la formulation à 30%

► Cas des chlorures et sulfates



Mêmes observations que pour le baryum

L'apport de granulats recyclés dans la formulation ne se traduit pas par une différence de relargage surfacique des sulfates

► Cas des autres éléments

La composition des éluats en antimoine, arsenic, cadmium, chrome, chrome hexavalent, cuivre, mercure molybdène, nickel, plomb, sélénium, zinc et fluorures est inférieure ou égale à la limite de détection

► Rapprochement avec la bibliographie

- Modèle de relargage typique d'un mécanisme de diffusion pour les anions (s'applique aussi pour le baryum)
- L'absence de modification du pH peut expliquer la proximité des résultats
- Influence potentielle de la carbonatation (modification du pH)
- Acceptabilité environnementale ?



► Exploitation des résultats (NF EN 12457-2)

Les trois formulations sont conformes

- au guide SETRA « Acceptabilité des matériaux alternatifs en technique routière – Evaluation environnementale » pour toutes utilisations (sauf 1 formulation témoin)
- au projet de guide d'application « déchets du BTP » pour un usage en couche de roulement (usage type 3)

Paramètres	Unités	Min	Max	Guide SETRA	Guide d'application
				Caractérisation environnementale	Usage type pour la famille Béton
				Niveau * Seuil SDI	Seuil SSD
Chlorures (Cl)	mg/kg MS	45	90,4	800	1000
Sulfates	mg/kg MS	56,5	83,4	1000	1300
Fluorures	mg/kg MS	<5	13	10	13
Antimoine	mg/kg MS	<0,2	<0,2	0,06	0,08
Arsenic	mg/kg MS	<0,05	<0,05	0,5	0,6
Baryum	mg/kg MS	3,47	7,27	20	25
Cadmium	mg/kg MS	<0,05	<0,05	0,04	0,05
Chrome	mg/kg MS	0,35	0,46	0,5	0,6
Cuivre	mg/kg MS	0,1	0,6	2	3
Molybdène	mg/kg MS	0,09	0,11	0,5	0,6
Nickel	mg/kg MS	<0,05	<0,05	0,4	0,5
Plomb	mg/kg MS	<0,05	0,15	0,5	0,6
Sélénium	mg/kg MS	<0,1	<0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/kg MS	0,2	0,3	4	5
Mercure	mg/kg MS	<0,002	<0,002	0,01	0,01



* limites à respecter par au moins 80% des échantillons pour une utilisation en technique routière

** limites à respecter pour les usages en couches de roulement des matériaux issus des déchets du BTP



► Conclusion

Les résultats d'essais confirment la bibliographie sur l'absence de différences significatives du comportement à la lixiviation de bétons recyclés par rapport à des bétons de granulats naturels.

- Les essais sur matériaux fragmentés montrent que l'apport de granulats recyclés ne se traduit pas par une modification significative du relargage.
- Très peu d'éléments détectables en conditions d'essai dynamiques sur monolithe

Aucune procédure (para-)réglementaire en France pour évaluer l'acceptabilité environnementale du matériau recyclé (Réglementation NL et D sur des périodes d'essai différentes)

Fin de vie : pourraient être valorisés en technique routière quelque soit le taux d'incorporation (à tester sur matériau en fin de vie)





Merci de votre attention



LABORATOIRE DE GENIE CIVIL & INGENIERIE ENVIRONNEMENTALE
DÉCHETS, EAU, ENVIRONNEMENT, POLLUTIONS

