

Comportement des matrices cimentaires face à la lixiviation:

nouvelles données concernant les molécules organiques

Laurent IZORET (Introduction)
Cyril GUERANDEL (Nouvelles données)

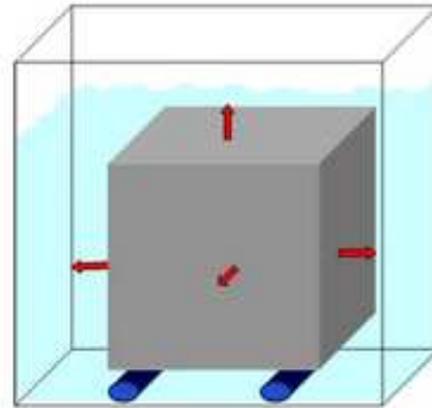
- **Introduction**

- ✓ Motivations
- ✓ Rappel de méthodologie
- ✓ Rappel des principaux résultats sur les Métaux Lourds
- ✓ Et les molécules organiques ?

- **Nouvelles données sur les molécules organiques**

- **L'industrie cimentière et les industries connexes se préoccupent de la lixiviation des métaux lourds**
- **Protection de l'environnement et potabilité de l'eau**
- **Un effort de recherche considérable , environ 10 thèses sur la période 1990 – 2004**

- **Lixiviation en condition statique ou semi-dynamiques**



- **Bétons de ciments industriels et dopés en Me L**
- **Caractérisation des teneurs en MeL dans les lixiviats**
- **Caractérisation de la phase solide (CSH, Ettringite, ...)**

Contenus comparés en métaux lourds d'un béton et de son milieu ambiant

Teneurs en métaux lourds des bétons, des sols non pollués et des terres non contaminées (a) et décontaminées (b) (en ppm ou mg/kg)							
Elément	Bétons de CEM I		Bétons de CEM III/A		Sols	Terres a-b	Roches *
	Mini	Maxi	Mini	Maxi			
Ni	17	26	9.3	12	10 à 80	40-180	5-2280
Cr	55	64	24	31	60 à 300	65-230	13-730
Sb	1.6	2.1	0.64	1.6	1	-	-
Se	<0.01	4.5	<0.01	<0.01	-	-	-
Mn	382	465	341	383	500 à 2000	-	8-790
Hg	4.6	7.3	8.7	9.9	0.20	1.6-15	-
As	1.8	12	1.4	1.8	10 à 30	22-100	0-17
Pb	11	27	8.6	12	50	70-1150	23-100
Cd	0.14	0.28	0.08	0.17	1	1-8	0-3
Cu	18	30	9.3	12	15 à 30	50-210	-

* Peridotite, grès des Vosges, schistes d'Angers, granite, quartzite

Relargage et potabilité (Etude ATILH, 2000)

Mesures brutes des teneurs en polluants minéraux (en µg/l) lixiviées sur mortiers (norme XP P41-260)					
Eléments	Mortiers de CEM I	Mortier de CEM II	Mortier de CEM V	« Blanc »	Futures limites réglementaires pour les lixiviats (Dir EU 98/83)
Hg	<1*	<1*	<1*	<1*	0,2
Cd	0,10	0,10	0,10	0,10	1
Se	0,17	0,18	0,24	0,16	2
Sb	0,51	0,51	0,50	0,51	2
Cr	0,51	0,32	0,25	0,20	10
As	3,34	3,26	3,41	3,51	2
Pb	0,10	0,10	0,10	0,10	2
Ni	0,87	0,76	0,88	0,72	4

Les différences entre le blanc et les lixiviats représentent l'apport du relargage. Il respecte la future réglementation française dans tous les cas. Il arrive que le mortier fixe une partie des polluants contenus dans l'eau initiale.

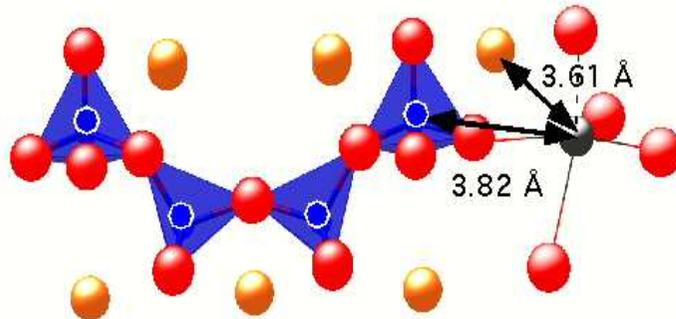
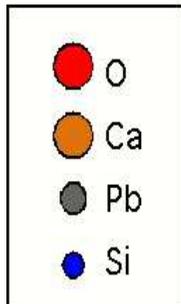
Capacité de rétention : cas de ciments dopés

	Ciment industriel		Ciment B dopé		Ciment M dopé		Ciment H dopé	
	Teneur du ciment anhydre (ppm)	Quantités lixiviées cumulées 100 j (ppm)	Teneur du ciment anhydre (ppm)	Quantités lixiviées cumulées 100 j (ppm)	Teneur du ciment anhydre (ppm)	Quantités lixiviées cumulées 100 j (ppm)	Teneur du ciment anhydre (ppm)	Quantités lixiviées cumulées 100 j (ppm)
Cr	101	n.d.*	180	1	1005	7,3	1810	13,6
Pb	32	n.d.*	150	n.d.*	680	1	1805	3
Zn	200	n.d.*	230	n.d.*	1090	0,8	1920	0,7

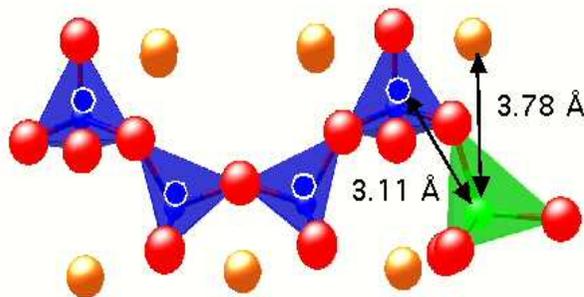
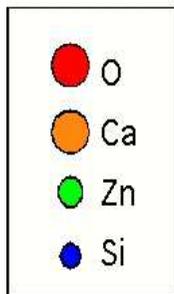
Essais de lixiviation séquentiels à l'eau dionisée sur mortier. * n.d. : non détecté

Même pour des ciments artificiellement enrichis en métaux lourds, la matrice cimentaire montre une exceptionnelle capacité à "piéger" ces métaux lourds.

Les métaux lourds sont fixés dans le béton



Plomb

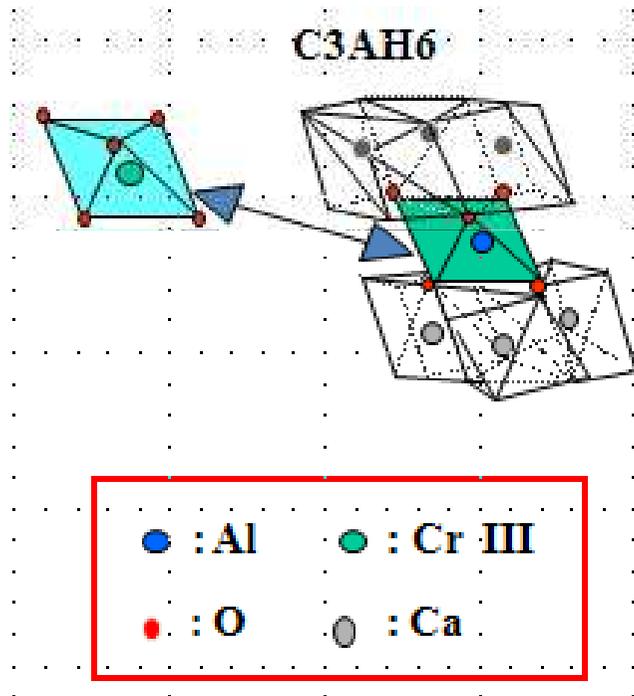


zinc

Même fixation pour le nickel, le vanadium...

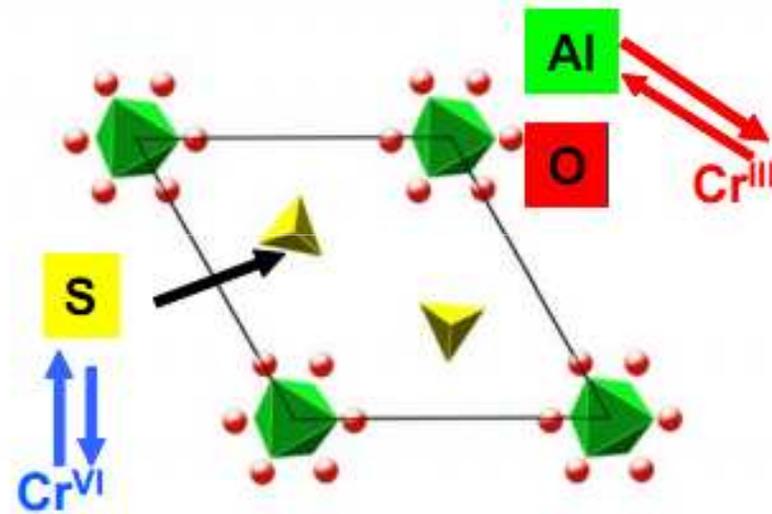
Les métaux lourds sont fixés dans le béton

Chrome trivalent Cr³⁺



Hydrogrenat

Chrome hexavalent Cr⁶⁺ et trivalent Cr³⁺



Ettringite

- **Les teneurs en métaux lourds lixiviés sont extrêmement réduites**
- **Elles sont 10 à 100 fois inférieures aux seuils réglementaires**
- **Les mécanismes de fixation par les hydrates font intervenir des liaisons cristallochimiques fortes**
- **La libération des ions métalliques nécessite une étape de dissolution des hydrates du ciment**
- **... mais quid des molécules organiques introduites dans les ciments et bétons ? ...**