

Efficacité des ciments MKP pour l'immobilisation des déchets en poudre de béton radioactif

Choctaw AUBERT

Master 2 Risques Environnementaux et Sûreté Nucléaire

Introduction :

En 2019, 35 installations nucléaires de tous types étaient arrêtées ou en cours de démantèlement en France [4]. A titre d'exemple, le démantèlement des réacteurs refroidis au gaz et à l'eau pressurisée devrait générer 750 et 900 tonnes de déchets radioactifs en béton, respectivement [5]. La gestion des déchets qui en résulte constitue donc un sérieux défi.

L'objectif de cette présentation est d'évaluer le potentiel des Ciments de Phosphate de Magnésium et de Potassium (MKP) pour solidifier les poudres de pâte de ciment générées par le chauffage et le broyage de déchets de béton radioactif.

Etat des connaissances

Utilisation de ciment MKP comme matrice d'immobilisation des résidus bétonnés issus des installations nucléaires en démantèlement.

➤ Principaux radionucléides dans les bétons contaminés :

^{137}Cs

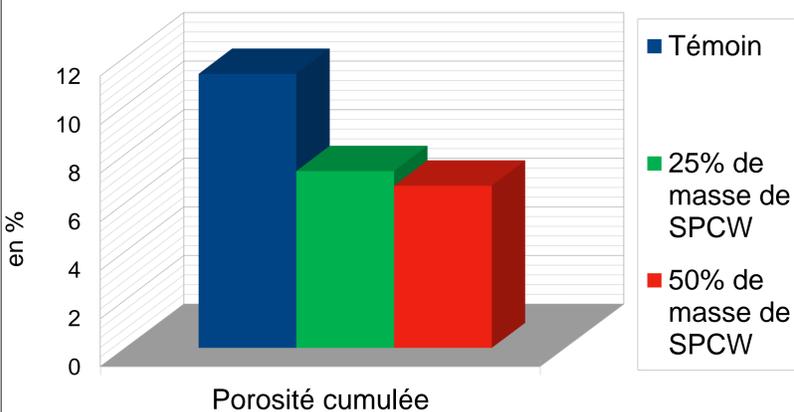
^{90}Sr

^{60}Co

➤ Equation MKP : $\text{MgO} + \text{KH}_2\text{PO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{MgKPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Résultats et interprétations

Tests de porosité sur des mélanges SPCW+MKPC en différentes proportions



Test n°1

Méthodes de porosimétrie:

- Intrusion de mercure (MIP)
- Analyse par microscopie à balayage

Résultat du test :

- L'ajout de SCPW entraîne une réduction de porosité

Illustration 2: Test de porosité sur des mélanges SPCW/MKPC, source personnelle, issue des articles [5] et [1]

→ Optimum : 50% de masse de SPCW pour la porosité

Test n°2

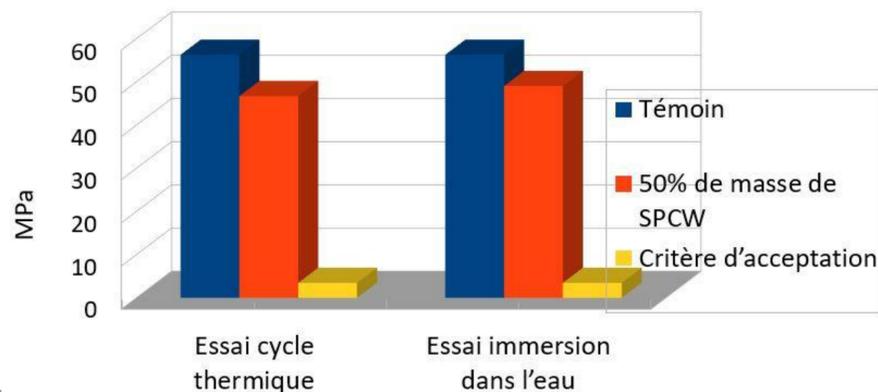
Résistance à la compression des spécimens de ciment SPCW/MKPC

Méthodes de résistance thermique :

- 30 cycles thermiques à -40°C et à 60°C (durée 1h/cycle)

Résultats du test :

- Perte de 3% en masse
- Conforme aux procédures ASTM B 553-71



→ Conformité sur les tests de résistance à la compression (WAC >3,45 MPa)

Méthodes de résistance immersion :

- Immersion dans de l'eau distillée pendant 90 jours

Résultats du test :

- Perte de 5% en masse
- Conforme aux procédures ANS16.1

Illustration 3: Résistance à la compression des spécimens de ciment SPCW/MKPC, source personnelle, issue des articles [5] et [6]

Matériels et méthodes

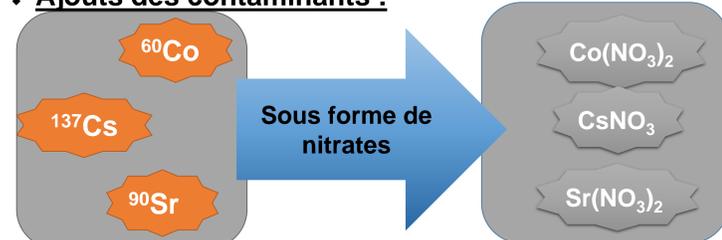
❖ **Objectif :** Préparation d'une matrice répondant aux critères de porosité et d'acceptation de déchets.

❖ Préparation des déchets de poudre de béton simulés : SCPWs (Simulated Concrete Powder Wastes)

Ingrédients	% en volume
Eau	7.29
Ciment	14.40
Cendre volante	3.60
Sable	33.14
Gravier	41.54
Superplastifiant	0.12
Total	100

Tableau 1 : Proportions relatives des ingrédients du béton simulé, Jae-Young Pyo et al, 2021 [5]

❖ **Ajouts des contaminants :**



→ Pour améliorer l'homogénéité dans la matrice

Illustration 1: Incorporation de radionucléides dans le SCPW, source personnelle, issue de l'article [5]

Conclusion

Les résistances à la compression au MKPC sont environ deux fois plus élevées que celles des coulis de ciment Portland ordinaire et la porosité, quand à elle, est réduite de moitié.[1] Ces résultats montrent ainsi une meilleure immobilisation des radionucléides pour le ciment phosphomagnésien. En outre, contrairement au procédé connu de vitrification ou de solidification en céramique, les ciments MKP sont économes en énergie. Leur mise en œuvre nécessite l'utilisation d'équipements simples. Pour finir, nous avons montré que les ciments MKP répondent aux critères d'acceptation de déchets vis-à-vis de la résistance à la compression (WAC). Le potentiel du MKPC comme matrice d'immobilisation de déchets réactifs bétonnés semble très prometteur et envisageable pour une utilisation future.

Bibliographie

- [1] De Campos, M., Davy, C.A., Djelal, N., Rivenet, M., Garcia, J., 2021. Development of a stoichiometric magnesium potassium phosphate cement (MKPC) for the immobilization of powdered minerals.
- [2] Groupe setec, 2016 Composition physico-chimique des bétons portland.
- [3] LE ROUZIC, M., 2014. Étude des propriétés physico-chimiques et mécaniques des matériaux cimentaires à base d'oxyde de magnésium (Theses). Université Paris-Est.
- [4] ASN, nucléaire, A. de sûreté, . Le démantèlement des installations nucléaires.
- [5] Wang, D., Zhu, J., Wang, R., 2021. Assessment of magnesium potassium phosphate cement for waste sludge solidification: Macro- and micro-analysis. Journal of Cleaner Production 2
- [6] Zhang, Q., Cao, X., Ma, R., Sun, S., Fang, L., Lin, J., Luo, J., 2021. Solid waste-based magnesium phosphate cements: Preparation, performance and solidification/stabilization mechanism. Construction and Building Materials.
- [7] Lahalle, H., 2021. Conditionnement de l'aluminium métallique dans les ciments phospho-magnésiens 292.