

## Introduction

**Three Mile Island**, une centrale nucléaire située aux Etats-Unis, a été victime d'une série de défaillances matérielles le **28 mars 1979**. Cette série de défaillances a provoqué la fusion partielle du cœur du réacteur nucléaire, puis, le rejet d'iode et de xénon dans l'environnement. Depuis cet accident, l'**autorité de sûreté nucléaire** a décidé d'installer une ligne de ventilation filtrée à tous les **REP français**. Le système de ventilation filtrée de confinement (**FCVS**) est une installation qui est utilisée pour dépressuriser l'enceinte de confinement tout en atténuant les rejets de radionucléides dans l'environnement en cas d'accident grave. Au fil des années, l'autorité de sûreté française a mené plusieurs investigations pour optimiser ces filtres. Mais, en **2011**, de nouvelles interrogations se sont posées au sujet du FCVS après l'accident de **Fukushima**. En effet, en plus d'être résistant à des aléas extrêmes, le système doit être capable de retenir les produits de fission, tel que l'**iode**, un élément qui présente un **risque sanitaire majeur**.

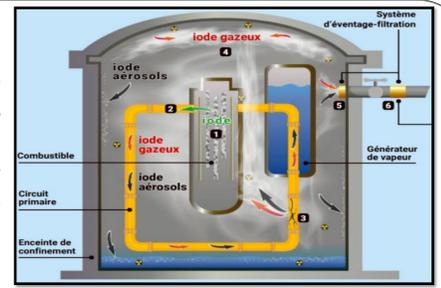


Figure 1 : Phénomènes mis en jeu lors d'un accident nucléaire majeur (source : Pour la Science, 2020)



## Deux types de média filtrants étudiés

### Zéolithe à l'argent

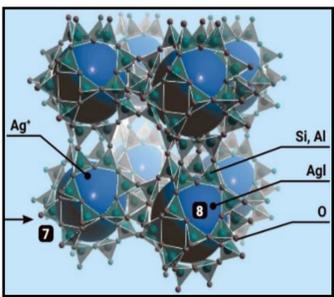


Figure 2 : Zéolithe de type faujasite (source : Pour la Science, 2020)

#### Avantages

- ✓ Piégeage performant jusqu'à **150°C**
- ✓ Stabilité de piégeage par **précipitation**
- ✓ Résistance aux atmosphères **oxydantes** et **ionisantes**
- ✓ Propriétés structurales et chimiques **ajustables**

#### Inconvénients

- ✗ Altération des performances en présence des composés chlorés
- ✗ Effet des NOx peu connu
- ✗ Coût élevé

### MOF (Metal Organic Framework)

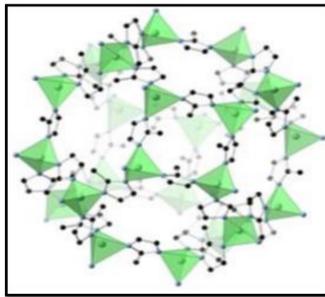


Figure 3 : MOF type ZIF-8 (source : J.T. Hughes, 2013)

#### Avantages

- ✓ Capacité d'adsorption d'**I<sub>2</sub>** très élevée à **75°C**
- ✓ Grande sélectivité pour **I<sub>2</sub>**
- ✓ Piégeage par physisorption principalement
- ✓ Large gamme de MOF avec des tailles de pores et topologies variées (**ajustables**)

#### Inconvénients

- ✗ Pas d'information disponible pour **CH<sub>3</sub>I**
- ✗ **Dégradation** des propriétés d'adsorption à hautes températures et en présence de rayonnements ionisants

## Tests de rétention de l'iode sous forme de CH<sub>3</sub>I et I<sub>2</sub> en condition dynamique

### Capacité d'adsorption à saturation

$$Q_{sat} = \frac{D \times \int_{t_i}^{t_f} ([CH_3I]_{in} - [CH_3I]_{out}) dt}{m}$$

### Taux de piégeage irréversible

$$\% \text{ irréversible} = \frac{\% \text{ chimiosorbé} + \% \text{ précipité en AgI}}{100}$$

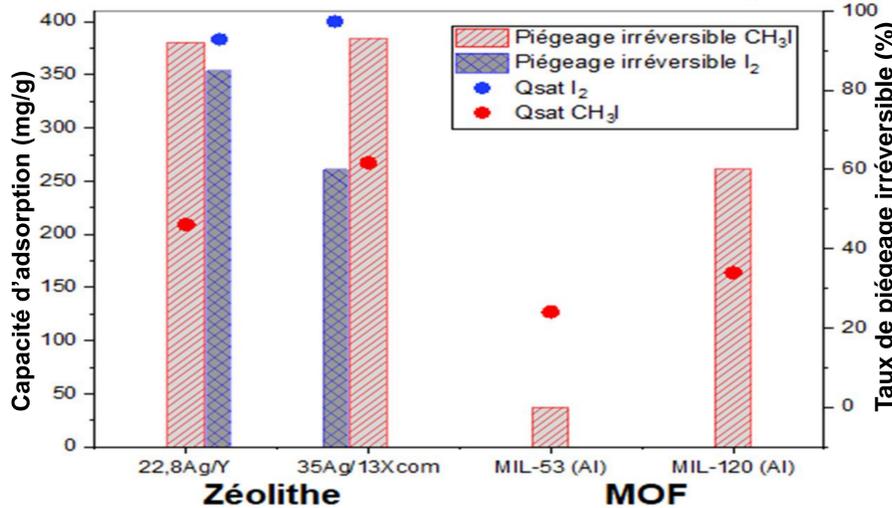


Figure 4 : Capacité d'adsorption à saturation en fonction de différents composés hybrides, 22,8Ag/Y et 35Ag/13Xcom sont des zéolithes de structure différente par la teneur d'Ag et MIL-53 et MIL-120 sont des MOF synthétisées (source : Chebbi, M, 2016)

### Performances de piégeage CH<sub>3</sub>I :

- grâce à l'affinité de Ag pour I →  $Q_{sat} CH_3I \text{ zéolithes} > Q_{sat} CH_3I \text{ MOF}$
- % irréversible zéolithes >> % irréversible MOF
- MIL-120 (Al) → rétention par physisorption (=faible stabilité)

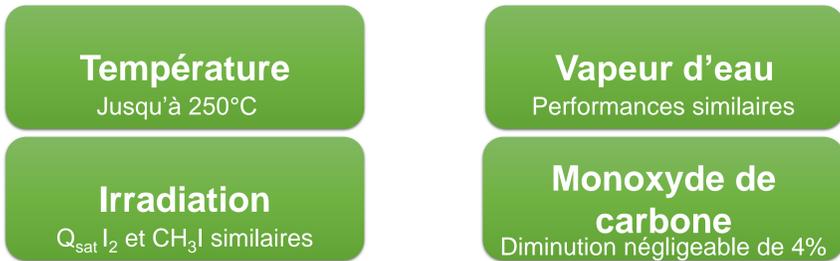
### Performances de piégeage I<sub>2</sub> :

- iode stocké sous forme irréversible → 85%
- $Q_{sat} I_2 \text{ MOF}$  d'après la littérature  $\approx 200 \text{ mg/g} \ll Q_{sat} I_2 \text{ zéolithes}$

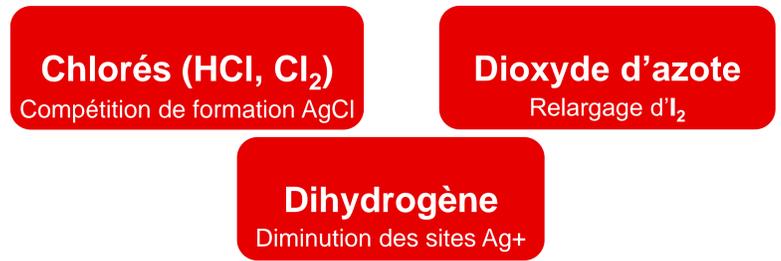
➔ **La zéolithe d'argent est le meilleur candidat**

## Extrapolation aux conditions représentatives d'un accident grave pour la zéolithe d'argent

### Peu d'effets néfastes sur la rétention de l'iode



### Effets négatifs sur la rétention de l'iode



## Conclusion

Le projet MIRE (Mitigation des Rejets à l'Environnement en cas d'accident nucléaire) a pour objectif de trouver un procédé pour piéger ces espèces volatiles d'iode de manière efficace et extrapolable à l'échelle industrielle. Les zéolithes et les MOF étaient déjà bien connus dans le domaine industriel mais les différents mécanismes d'adsorption sont encore mal compris. Le matériau le plus prometteur est la zéolithe de structure faujasite, enrichie d'argent, qui possède les meilleures performances de rétention et de stabilité de stockage. Les MOF présentent, quant à eux, des performances moins efficaces que la zéolithe, mais ce matériau reste tout de même étudié pour optimiser ces résultats. Toutefois, l'extrapolation aux conditions accidentelles démontre l'importance de mieux comprendre les effets régressifs, causés par le dioxyde d'azote, le dihydrogène et les gaz chlorés, avant toute mise en œuvre dans les réacteurs nucléaires.

## Bibliographie

- CHEBBI, Mouhad. *Piégeage d'espèces iodées volatiles sur des adsorbants poreux de type zéolithique dans le contexte d'un accident nucléaire grave.* Thèse de doctorat : chimie. Université de Lorraine, 2016, 360 p.
- IRSN. *L'iode radioactif volatil, un gaz à piéger.* Pour la science [en ligne]. 2020, n°518. Disponible sur : <https://www.pourlascience.fr/sr/article-partenaire/lode-radioactif-volatil-un-gaz-a-pieger-20513.php> (Consulté le 04/12/2020)
- Jacquemain, Didier. *Status Report on Filtered Containment Venting.* OECD Report, NEA/CSNI/R. (2014)
- J.T. Hughes, D.F. Sava, T.M. Nenoff, A. Navrotsky, J. Am. Chem. Soc., 135(44) (2013) 16256-16259.
- Leroy, O., Monsanglant-Louvet, C. *Trapping measurements of volatile iodine by sand bed and metallic filters.* J Radioanal Nucl Chem 322, 913-922 (2019)
- Nerisson, P., Hu, H., Paul, J.F. et al. *Filtration tests of gaseous ruthenium tetroxide by sand bed and metallic filters.* J Radioanal Nucl Chem 321, 591-598 (2019)