

Prendre soin des générations futures

Comment le combustible usé provenant des réacteurs nucléaires réagit-il avec son environnement s'il est stocké directement sous terre ? Peut-on séparer les radionucléides présents en différentes fractions afin de pouvoir gérer ces composants de manière plus ciblée et plus efficace ? Le SCK•CEN se concentre sur le sujet.

Dès les années 1970, la Belgique a lancé son propre programme nucléaire avec la construction de quatre réacteurs à Doel et de trois réacteurs à Tihange. Les premiers ont été mis en service en 1975. Depuis lors, les sept réacteurs assurent environ 50 % de l'approvisionnement en électricité de notre pays. L'énergie est générée par l'irradiation du combustible nucléaire qui est remplacé tous les quatre ans. Si les centrales nucléaires ferment leurs portes en 2025, il y aura plus de 5000 tonnes de combustible usé au total. Par le passé, 600 tonnes avaient été retraitées à La Hague (France), alors que la majeure partie



Eaux souterraines

« Dans la conception actuelle, les éléments combustibles irradiés sont placés dans des conteneurs en béton lourds et blindés. Ces conteneurs sont transportés dans des galeries souterraines, également constituées de béton. Les éléments combustibles irradiés peuvent entrer en contact avec les eaux souterraines qui s'infiltrent dans le béton et deviennent donc alcalines », explique Karel. « Les eaux souterraines revêtent alors les caractéristiques typiques de l'eau interstitielle du ciment : un pH élevé et une concentration élevée en métaux alcalins et en calcium. Quelle est la stabilité chimique du combustible usé dans cet environnement ? C'est une information importante pour évaluer la sûreté du système d'évacuation des déchets. »

Pour résumer l'expérience, au SCK•CEN, on plonge des segments représentatifs de barres combustibles dans de l'eau de ciment à pH élevé pendant au moins dix-huit mois. « Le pH de l'eau de ciment est de 13,5, bien plus élevé que celui de l'eau souterraine normale qui fluctue autour de 7,4 en moyenne. L'objectif est de suivre la libération de radionucléides au fil du temps », déclare Karel.

du combustible usé est toujours en attente d'une destination. « La destination dépend de la décision du gouvernement belge. Notre pays se penche sur l'enfouissement de ses déchets hautement radioactifs et de son combustible usé. Il existe plusieurs options : le combustible usé est soit stocké immédiatement et définitivement dans des couches géologiques, soit il est retraité, ce qui signifie qu'on peut réduire en volume la quantité de déchets à stocker. Le SCK•CEN explore deux pistes dans deux projets multidisciplinaires », explique Christophe Bruggeman, l'un des initiateurs du projet. « Les deux projets ont le même objectif : limiter le fardeau pour les générations futures ».

ENFOUISSEMENT DIRECT

Le SCK•CEN mène des expériences depuis quelque temps pour le compte de l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF) qui devraient soutenir des études de sûreté dans le cadre de tout stockage géologique direct. « Le projet SF-ALE que nous réalisons en collaboration avec le centre de recherche allemand Jülich (FZJ) fait partie de ce programme de recherche de l'ONDRAF », explique Karel Lemmens, chef de projet au SCK•CEN. Le projet a débuté en 2018 et teste un aspect spécifique de la sûreté du concept de stockage actuel proposé : l'influence des eaux souterraines alcalines sur la stabilité du combustible irradié.



Les initiateurs du projet : **Christophe Bruggeman, Thomas Cardinaels, Karel Lemmens et Marc Verwerf**

Imiter les conditions réelles

Les chercheurs ont pour objectif de simuler les conditions réelles de stockage souterrain de manière aussi précise que possible dans leurs expériences. « Par exemple, nous avons anticipé une longue durée d'essai car la libération de radionucléides dans ces circonstances devrait être lente. L'expérimentation a débuté en 2018 et la première phase durera jusqu'en 2020. Dans cette phase, nous concentrons sur les radionucléides les plus solubles qui se trouvent dans les structures qui entrent en contact direct avec l'eau de ciment », déclare Gregory Leinders, qui poursuit la collaboration avec le centre allemand FZJ. « Si les résultats sont satisfaisants et, à condition d'obtenir le financement nécessaire, les tests seront poursuivis au cours de la période 2020-2021. »



UNE MEILLEURE GESTION

Avec l'autre projet multidisciplinaire ASOF, le SCK·CEN étudie des pistes pour une gestion plus optimale des combustibles irradiés en Belgique. « ASOF signifie séparation avancée pour une gestion optimale du combustible nucléaire irradié (*Advanced Separation for Optimal management of spent nuclear Fuel*). Comme son nom l'indique, le projet examine l'option d'une séparation plus poussée des différents radionucléides dans les combustibles irradiés. Les différentes fractions qui en résultent peuvent alors être gérées de manière plus ciblée et plus efficace. Comparons-le avec les ordures ménagères : autrefois, on jetait tout, on en faisait un immense tas et on brûlait l'ensemble. Maintenant, on procède à un tri avant le traitement. Ce tri offre la possibilité d'utiliser la meilleure solution pour le traitement des différents composants », illustre Thomas Cardinaels, expert en radiochimie.



« Avec le projet ASOF, nous recherchons un scénario alternatif pour réduire le fardeau et les risques du stockage géologique pour les générations futures. »

Plus de séparation signifie moins de déchets à enfouir

Dans ce contexte, le projet ASOF vise à développer une méthode de séparation de l'américium. Cet élément, et plus particulièrement l'isotope Am-241, présente une forte radiotoxicité, une longue demi-vie (432 ans) et génère beaucoup de chaleur. « Si nous transformons l'américium séparé en une cible pouvant être irradiée dans un réacteur comme MYRRHA, il peut être converti en radionucléides à vie courte », expliquent Thomas Cardinaels et son co-initiateur du projet, Marc Verwerf. « Nous recherchons également une méthode pour séparer les produits de fission, le césium 137 et le strontium 90. Ils ont une courte durée de vie mais génèrent beaucoup de chaleur. En les séparant puis en les conditionnant séparément, nous évitons à cette fraction de se retrouver avec les déchets hautement radioactifs. »

La séparation a donc un impact sur l'empreinte du stockage définitif. « En fait, notre projet consiste en la recherche d'un scénario alternatif pour réduire le fardeau et les risques pour les générations futures », conclut Thomas. Les premiers résultats de l'étude sont attendus dans cinq ans.

Les connaissances

Continuer à investir

Même après une fermeture programmée des réacteurs de puissance en Belgique, il nous faut continuer à investir afin de maintenir les connaissances nucléaires et de les approfondir. Ces connaissances sont utiles pour la gestion sûre des déchets nucléaires, le démantèlement des centrales nucléaires et pour assurer la sécurité de production de radio-isotopes thérapeutiques (pour le traitement thérapeutique ou le diagnostic).

Sven Van den Berghe

Directeur d'institut
Science des matériaux nucléaires

