

Source : <https://www.sortirdunucleaire.org/CIGEO-L-ANDRA-peut-elle-penser-a-tout>

Réseau Sortir du nucléaire > Informez

vous > Revue "Sortir du nucléaire" > Sortir du nucléaire n°87 > **CIGÉO : L'ANDRA peut-elle penser à tout ?**

15 janvier 2021

## CIGÉO : L'ANDRA peut-elle penser à tout ?

**Le 27 janvier 2020 est paru dans la revue scientifique américaine Nature Materials un article s'intéressant aux phénomènes complexes et imprévus dans le cadre du stockage profond de déchets radioactifs [1]. Nous allons ici proposer un résumé d'une note produite par les membres du GRADOC (Groupe de Recherche et d'Analyse des Documents de Cigéo) dont l'objectif est de fournir à un lecteur non spécialiste quelques éléments de compréhension de la complexité technique de ce type de stockage.**

### Conditionnement des déchets "haute activité"

Les opérations de conditionnement des déchets de haute activité sont réalisées sur les sites de Marcoule et de La Hague [2]. Une partie des déchets solides les plus dangereux (longue durée de vie et/ou risquant de se disperser dans l'air) sont fondus avec des additifs pour former un "verre" borosilicaté [3] de déchets. Pour d'autres colis les déchets radioactifs sont mélangés à de petits "grains" de céramique puis chauffés (frittage) pour former une matière censée résister à des conditions extrêmes [4]. Qu'ils soient en verre ou en céramique ils sont placés dans une "bonbonne" en acier inoxydable.

### Objet de l'article scientifique

La notion d'acier "inoxydable" de même que celle de "résistance chimique" désigne une capacité accrue à résister aux agressions et non une invulnérabilité à toute détérioration. Cette nuance est d'importance lorsqu'on considère des phénomènes sur des durées de plusieurs dizaines de milliers d'années comme c'est le cas pour les déchets nucléaires. Au-delà de l'étude de l'acier inoxydable ou de la structure en verre de manière distincte, l'article s'intéresse à la zone de contact entre ces deux matériaux. L'article de Nature Materials précise que ce type d'interaction n'a pas été pris en compte lors du choix des matériaux de confinement par les exploitants. Le projet Cigéo est d'une telle envergure et complexité technique qu'il est impossible de prendre en compte les nombreux facteurs dont personne ne peut connaître l'existence.

### Observation de l'étude

Intéressons-nous à certains phénomènes observés par les chercheurs. L'acier inoxydable doit sa

résistance à l'oxydation à la présence de chrome en grande quantité (plus de 10,5%) dans sa composition. Au contact de l'oxygène, celui-ci forme une couche protectrice qui empêche l'acier de rouiller et de se dégrader.

Cependant, si une quantité suffisante de chrome se dissout, cette couche protectrice disparaît et le métal peut être dégradé. Ce cas de figure est très rare, même dans des conditions hostiles. Mais il en est autrement lorsque l'acier est en contact avec le verre ou la céramique utilisés pour le stockage de déchets nucléaires.

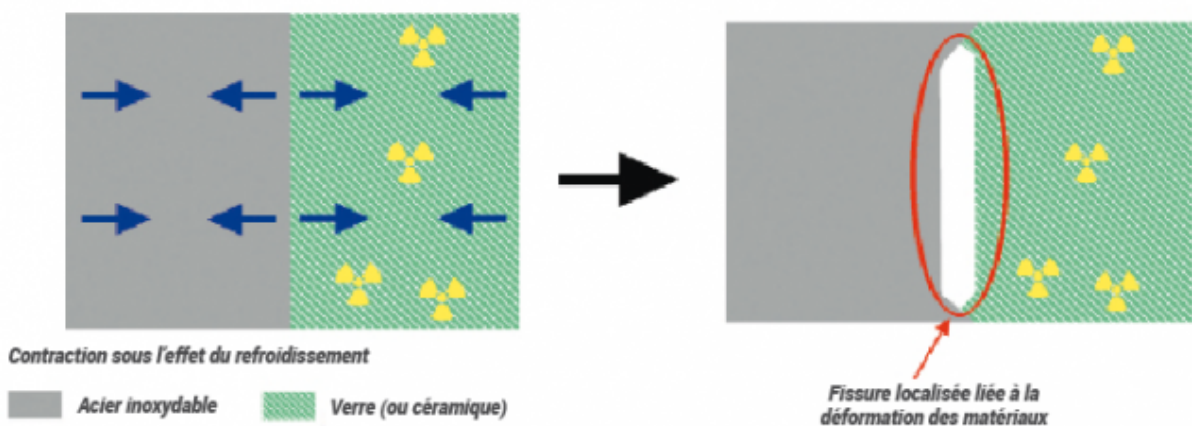
## Formation de fissures et conséquences

Les chercheurs ont constaté que le refroidissement du colis dans le temps provoque une contraction des matériaux et entraîne la formation de petites fissures entre l'acier et les déchets vitrifiés.

Dans le cas des déchets vitrifiés, dans ces crevasses, la corrosion de l'acier rend localement le milieu plus acide, ce qui accélère la corrosion du verre. Autre phénomène, le fer et le chrome libérés par la corrosion de l'acier peuvent se lier avec des éléments issus de la corrosion du verre (silicium notamment), ce qui ralentit la formation de la couche protectrice. Simultanément, la partie extérieure de la cuve d'acier peut réduire l'oxygène ambiant, ce qui, à long terme, relance la corrosion du verre (qui n'est pas en contact avec cette partie initialement).

Dans le cas des céramiques dont certaines [5] contiennent elles aussi du chrome. Il semblerait qu'une partie de ce chrome puisse "s'échapper" sous forme dissoute et s'accumuler dans les fissures de l'acier. Ceci permet de concentrer suffisamment de chrome dans des zones localisées pour dégrader la "couche protectrice" évoquée plus haut, ce qui libère plus de chrome et rend le milieu plus acide : la corrosion de l'acier inoxydable s'accroît ensuite d'elle-même. Cette augmentation de l'acidité accélère à son tour la corrosion de la céramique qui retenait les isotopes radioactifs.

*Formation de fissures lors du refroidissement*

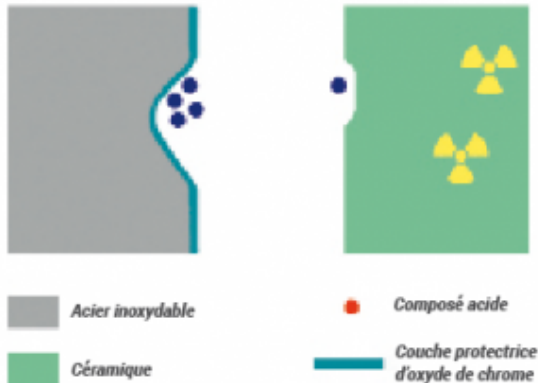


En conclusion, l'article constate que la corrosion de l'acier peut accélérer la corrosion du verre ou de la céramique et vice-versa. Les radionucléides seront alors libérés plus rapidement hors des colis censés les contenir. Et cela n'a pas été considéré dans les modèles de sûreté. Il ne semble pas possible à ce stade de déterminer à quelle vitesse cela pourrait avoir lieu.

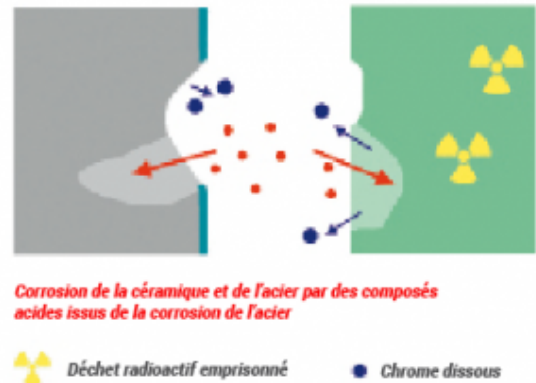
La conclusion de l'étude évoque des modèles prédictifs qui pourraient prendre en compte ces phénomènes, car des tests ne pourront pas être effectués sur des durées représentatives des temps géologiques impliqués.

## Accélération de la corrosion des céramiques au chrome

Migration et accumulation du chrome issu de la céramique



Libération supplémentaire de chrome



L'ANDRA, peut-elle :

- ▶ assurer l'absence d'oxygène et d'eau dans le milieu et pour combien de temps ?
- ▶ utiliser des matériaux ne permettant pas ce type de phénomènes ? Quels autres phénomènes physico-chimiques avec d'autres matériaux et quid des colis déjà conditionnés ?

On notera que cette étude ne prend pas en compte la présence des radioéléments dans le système. Or ceux-ci pourraient provoquer une production d'acidité supplémentaire (ou de basicité), par radiolyse de l'eau par exemple, ou une augmentation de température qui pourrait accélérer les réactions de corrosion. Ces deux phénomènes sont déjà considérés par l'ANDRA dans la conception de son stockage souterrain de déchets. Les potentiels phénomènes de dégradation des matériaux liés aux radiations qui pourraient se surajouter, et qui constituent un pan très complexe de l'étude des matériaux, devraient également être considérés et étudiés.

Au-delà des considérations techniques, il convient de garder en tête que de nombreux phénomènes imprévus risquent d'apparaître avant – mais surtout après ! – la mise en route de l'exploitation.

Sans doute la réponse à ces imprévus ne réside-t-elle pas tant dans une contre expertise, fût-elle indépendante, des recherches de l'ANDRA ou d'autres organismes s'intéressant au sujet. Il s'agirait plutôt d'apporter des preuves qu'un projet d'une telle complexité et d'un tel risque ne constitue pas une réponse raisonnable à l'épineuse question de la gestion des déchets nucléaires les plus radioactifs.

**GRADOC** (résumé : Anne-Lise Devaux)

## Notes

[1] Guo, X., Gin, S., Lei, P. et al. Self-accelerated corrosion of nuclear waste forms at material interfaces. Nat. Mater. 19, 310–316 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41563-019-0579-x>

[2] <https://frama.link/CEA-conditionnement-verre>

[3] Généralement utilisés en verrerie de laboratoire.

[4] <https://frama.link/Radioactivite-ceramiques>

[5] À noter que certaines céramiques utilisent de l'aluminium au lieu du chrome elles ne présentent donc pas ce type particulier "d'emballement" de la corrosion.