



Article du 25 février 2016, version consolidée au 08/04/2016

Projet Cigéo d'enfouissement des déchets radioactifs HA – MAVL à Bure L'accident tragique du 26 janvier 2016 au laboratoire de Bure révèle la problématique de la zone endommagée par les creusements (EDZ).

Le mardi 26 janvier 2016, une personne est décédée et une autre a été blessée dans un éboulement sur le site du laboratoire souterrain de l'Agence nationale pour la gestion des déchets nucléaires (ANDRA) à Bure. Selon les éléments donnés par l'ANDRA, Cet éboulement s'est produit dans le cadre de tests destinés à valider l'utilisation du tunnelier pour creuser les galeries sensées permettre le stockage des déchets nucléaires de haute et de moyenne activité à vie longue. Cet événement tragique est révélateur d'un problème majeur lié à la nature des formations argileuses en place : l'EDZ.

La zone endommagée par le creusement, une problématique liée à la nature de la formation argileuse de Bure

Dans le cas de la formation argileuse¹ de Bure, lorsqu'on creuse une galerie, il se forme une zone endommagée (EDZ / Excavation Damaged Zone) dans la roche, sur le pourtour des galeries, du radier à la voûte, longitudinalement. Cette zone endommagée pénètre à l'intérieur de la roche sur une distance pouvant être égale au diamètre de l'excavation (4,5 à 6 mètres pour le laboratoire, 10 m pour les galeries MAVL envisagées à terme dans Cigéo). La galerie doit donc être consolidée par un soutènement dans l'immédiat (treillis, boulonnage et béton projeté dans le cas d'utilisation d'un brise roche pour le creusement). Plus tard une seconde couche de béton épais doit être appliquée pour le revêtement. Passé 100 ans, le béton se dégrade fortement et si des déchets sont enfouis un jour à Bure, la partie argileuse endommagée avec ses fissures et fractures sera bien plus perméable et deviendra un passage privilégié pour l'eau et la radioactivité. Cela altère le confinement des déchets à long terme : c'est un problème majeur.

Méthode de creusement et endommagement de la roche

En 2013, peu avant le débat public, l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) et les producteurs (EDF, CEA, AREVA) ont bouleversé l'architecture souterraine de Cigéo. L'architecture initiale, validée par le dossier Argile 2005 de l'ANDRA, prévoyait l'utilisation d'un brise roche pour creuser les galeries. La nouvelle architecture, introduite en 2013, favorise, elle, l'emploi du tunnelier par rapport au brise roche. Le tunnelier a une meilleure cadence et demande moins de personnel que le brise roche. Cependant, le tunnelier engendre une « *fracturation plus marquée* » (ref 1, page36) que le

1 Marnes argileuses (argile (env 50%), quartz, calcite...); au sens géotechnique, on pourra parler d' « *argilite raide* »

brise roche. En effet, dans le cas d'un tunnelier, pour pouvoir mettre en place les voussoirs, on est obligé d'avoir un trou plus large que celui de l'arceau de béton préfabriqué finalement positionné. Donc un espace « vide » entre l'arceau de béton mis en place et la roche. Le tunnelier implique donc un « bourrage » de ce vide annulaire « voussoir - roche » par des matériaux déformables à l'extrados du revêtement (ref 1, note34 page 36, note41 page 38, page 38 et page 40). Ce bourrage et ces fractures constituent à terme une sorte d'extension de la zone endommagée.

L'orientation des galeries influence la zone endommagée par le creusement (EDZ)

La contrainte géologique majeure (poussée des alpes) est orientée NNW-SSE. Du point de vue mécanique, le creusement de galeries parallèles à cette contrainte principale est moins problématique que le creusement de galeries orthogonales à cette contrainte (donc orientées WSW-ENE). Pour ces raisons, les galeries de stockages seraient les galeries parallèles à la contrainte principale et les galeries orthogonales seraient essentiellement des galeries d'accès et de retour d'air (ventilation).

« Les observations au Laboratoire souterrain montrent que, au voisinage d'un ouvrage d'axe parallèle à la contrainte principale majeure, la fracturation des argilites induite par le creusement se développe essentiellement sur les parois latérale » (ref 1, note23 page 29)

« L'expérience montre que la fracturation des argilites au voisinage d'une galerie orthogonale à la contrainte principale majeure s'exprime principalement en voûte et en sole. » (ref 1, page 36)

« Les galeries réalisées orthogonalement aux tunnels de stockage se caractérisant par une zone fracturée en voûte, elles sont donc plus sensibles au risque de chute de blocs » (ref 1, note39 page 38)

L'accident a eu lieu dans le cadre d'un test de creusement au tunnelier d'une galerie orthogonale à la contrainte principale.

En 2013, le tunnelier avait été utilisé pour la première fois dans le laboratoire souterrain de Bure pour creuser une galerie parallèle à la contrainte majeure (ref 1, page 36 et ref 2, page 33 & 34 et ref 3). Des tests de creusement au tunnelier d'une galerie orthogonale à cette contrainte étaient envisagés entre 2016 et 2018 (ref 1, page 39). La Commission Nationale d'Évaluation des recherches et Études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs (CNE) évoquait notamment en 2011 *« la vérification de la faisabilité d'une chambre de plus grandes dimension nécessaire au montage du tunnelier. »* (ref 2, page 31). C'est dans le cadre de tels tests que l'accident du 26 janvier 2016 a eu lieu.

Selon l'ANDRA :

*« Il s'agit d'un accident de chantier qui s'est déroulé **sur un chantier de creusement**, tout au bout d'une galerie, sur le front de taille, au moment où il y avait une opération de confortement de nos fronts de taille qui était en cours, qui était en partie boulonnée et malgré le boulonnage, une partie de la roche a glissé et s'est effondrée et a enseveli un salarié. » (ref 4)*

*« L'accident a eu lieu à l'extrémité d'un **tunnel qui sera bientôt creusé par un tunnelier**. » (ref 5)*

*« l'opération de creusement en cours étant destinée à évider **une niche** dans la roche qui serve de point de sortie au tunnelier qui doit créer une nouvelle galerie » (ref 5)*

Enfin, le plan de l'ANDRA qui a été rendu public le 04/02/2016 (ref 5) montre que la galerie en projet est orientée WSW-ENE, donc orthogonale à la contrainte principale.

L'accident a donc eu lieu dans le cadre d'un test de creusement au tunnelier d'une galerie orthogonale à la contrainte principale. Plus précisément, ça serait lors du creusement d'une chambre ('niche') de plus grande dimension pour permettre le démontage du tunnelier que l'accident se serait produit.

Un accident qui interroge sur la faisabilité même de l'ouvrage

L'accident du 26 janvier 2016 démontre l'ampleur de la problématique que représente la zone endommagée par le creusement (EDZ).

D'une part, il interroge sur la possibilité de garantir la sécurité sur ce chantier qui durerait 143 ans.

D'autre part, il questionne sur la faisabilité même du creusement de plus de 300 km de galeries (dont alvéoles) (ref 6) parallèles et orthogonales à la contrainte géologique majeure à l'intérieur d'un polygone restreint de 28 km² (Zone d'Intérêt pour la Recherche Approfondie - ZIRA). Il faut souligner que les tunnels souterrains existant en France ne s'étendent que sur quelques dizaines de kilomètres (projet liaison LGV Lyon Turin = 52 km). A la profondeur de 500 m pour le projet Cigéo, un réseau aussi important de galeries ouvragées et pérennes de cette dimension et dotées d'un équipement de haute technologie, constitue un ouvrage encore irréalisé. A cela s'ajoute les enjeux de sûreté liés à la concomitance des travaux et du stockage pendant plus de 140 années. L'ANDRA estime que la cadence de creusement au tunnelier serait de 3,1 m/j soit 1,13 km/an (ref 7).

Les zones endommagées, voies privilégiées de circulation pour l'eau et de la radioactivité

Cet accident rappelle que l'intervention humaine apporte des modifications irréversibles aux propriétés initiales du massif argileux en créant des zones fragilisées conséquentes qui permettent la circulation de l'eau et de la radioactivité à l'intérieur du polygone de 28 km² (ZIRA) où seraient creusées ces galeries. De plus, au moment de la fermeture, l'ANDRA envisagerait de reboucher ces galeries avec les déblais d'excavation. Malgré les opérations de tassement prévues, on ne retrouvera pas la faible perméabilité du massif initial. Ce polygone constituerait donc à terme un massif perturbé à perméabilité élevée. Ce massif perméable au sein du massif argileux global aurait, pour voie de sortie possible des flux, l'ensemble des ouvrages d'accès au stockage (galeries, puits, descenderies). Ainsi, le confinement de la radioactivité à long terme repose essentiellement – et théoriquement - sur les « scellements » qui sont des sortes de « bouchons » qui permettraient de fermer une à une et successivement les galeries de Cigéo.

Les zones endommagées : le confinement théoriquement compensé par des « scellements »

Le creusement de ces scellements serait très délicat car la roche doit être la moins endommagée possible à ces endroits. Ces scellements, qui constitueraient lors du creusement et du stockage des déchets, les points d'entrée dans le massif, seraient des tronçons de galeries de plus petite section. Le soutènement de ces galeries ne pourrait se faire qu'avec du béton (sans boulonnage) pour éviter l'extension de la zone fragilisée. L'épaisseur de béton nécessaire serait de l'ordre de 1,2 m. Mais comme le béton se dégrade après 100 ans, le jour où il serait nécessaire de fermer, il faudrait retirer ce béton, ce qui provoquerait des endommagements très importants de la roche comme l'ont démontré des expériences à Mol en Belgique (ref 8).

Afin de ne pas avoir à retirer le béton, le maître d'ouvrage envisagerait désormais des

« saignées ». Ces saignées seraient des 'tronçons' réalisés avec une sorte de haveuse. Elles seraient larges de 30 cm et profondes de 1,5 à 3 mètres perpendiculairement à la galerie. Elles traverseraient le béton et en partie l'EDZ. Ces saignées seraient ensuite remplies de bentonite. En pratique, la faisabilité de ces scellements est loin d'être démontrée. Au niveau conceptuel, le vrai rôle de « bouchon » revient aux seules « saignées », sortes de « mini-scellements » dans le « scellement » qui ne représentent finalement que 3,4% de la longueur totale du « scellement » (ref 9)

Les tests de fermeture envisagés après l'autorisation de création...

En 2012, *«L'Andra propose de ne pas inscrire dans le périmètre de la demande d'autorisation de création les opérations de fermeture (hormis l'obturation de certains alvéoles témoins), qui ne devraient pas intervenir avant l'horizon 2040.»* (ref 10)

En 2014, dans le planning de déroulement des travaux, les tests concernant "la vérification de la capacité à fermer le tunnel de stockage", envisagés dans le laboratoire souterrain, ne sont prévus qu'après le Décret d'autorisation de création (ref 1, page 35).

Ainsi, les tests de fermeture seraient envisagés dans le laboratoire après l'autorisation de création de Cigéo. Après ces tests, l'ANDRA propose de réaliser une 'phase industrielle pilote'. Cette phase pilote, telle que proposée par l'ANDRA et l'IRSN depuis 2012, ne constituerait pas cependant un 'second laboratoire' expérimental. Il s'agirait de la première tranche de Cigéo. Cette tranche serait incluse dans l'autorisation de création de Cigéo décrétée préalablement. Elle comprendrait la réalisation des ouvrages clés de Cigéo comprenant la plupart des installations de surface, 2 descenderies de 5 km, un funiculaire pour descendre les déchets, 5 puits, 40 km de galeries et d'alvéoles de stockage (ref 6). Pendant cette phase, l'ANDRA prévoit le stockage d'environ 2 800 m³ de déchets hautement radioactifs. Enfin, selon les estimations de l'ANDRA de 2014, le coût de réalisation de la phase industrielle pilote du projet Cigéo d'enfouissement des déchets nucléaires à Bure dans la Meuse serait de 6,896 Milliards d'euros. (ref 11)

Conclusion de l'article

A l'heure où certains parlementaires proposent de débattre au plus vite de la 'réversibilité' du stockage géologique (ref 12), des éléments techniques de bases ne sont pas éprouvés. L'accident tragique du 26 janvier 2016 montre que la faisabilité de cet ouvrage souterrain n'est pas acquise. Plus généralement, cet accident révèle l'instabilité mécanique de la formation argileuse. Le modèle théorique de confinement de la radioactivité à long terme dans le massif argileux est mis à mal par les circulations de fluides consécutives aux perturbations engendrées par l'intervention humaine dans ce massif, interventions concrétisées essentiellement par les opérations de creusement. Les « scellements » sensés empêcher la migration rapide de la pollution radioactive en dehors du confinement demeurent théoriques. Comment à terme, redonner aux voies de passage privilégiées que constituent galeries et éléments jour – fond (descenderies et puits) leur faible perméabilité d'origine ? Les tentatives de modifications législatives récentes au sujet du projet Cigéo semblent insister pour que cette question essentielle puisse échapper peu à peu aux voies réglementaire et législative. Pourtant, sans validation pratique préalable de la possibilité de fermeture, le projet Cigéo serait semblable à un avion qu'on lancerait du haut d'une falaise sans savoir s'il dispose d'un train d'atterrissage.

Notes et références :

(1) Dossier de chiffrage ANDRA 2014 – Tome 1, Plan de développement des composants du projet Cigéo – Déclinaison suivant l'échelle TRL (ISO 16290:2013) – id CG.PDD.ADPG.14.0031 – Octobre 2014

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Le-processus-d-evaluation-du-cout.html>

(2) Annexe scientifique du rapport n°5 de la CNE-2 de 2011

<https://www.cne2.fr/telechargements/Rapport-CNE2-2011.pdf>

(3) Journal de l'ANDRA – édition Meuse – Haute Marne, n°14, juin 2013

<http://www.andra.fr/download/site-principal/document/editions/371-14.pdf>

(4) Audition de l'ANDRA par la commission développement durable de l'Assemblée nationale le 03 février 2016

http://pandor.at/p/fichiers/audition_03022016_ABADIE_accident.pdf

(5) Article Sciences et Avenir, le 04/02/2016 « Cigéo : un accident qui fait redoubler de vigilance »

<http://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/nucleaire/20160203.OBS3919/cigeo-un-accident-qui-fait-redoubler-de-vigilance.html>

(6) Présentation de l'ANDRA à l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES), le 16 juin 2015, diaporama n°34

http://pandor.at/p/fichiers/2015_06_16%20AFTES_Cigeo.pdf

(7) Chiffrage Cigéo en phase esquisse, Avis de la CNE2 sur l'estimation des coûts, 16/02/2015, p.4

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/CNE-Avis-cout-cigeo.pdf>

(8) Dereeper, B. et Volckaert, G. 2002 "The reseal project, a large scale shaft sealing demonstration test", in "Clays in natural and engineered barriers for radioactive waste confinement - 1st international meeting, Reims, ANDRA, december 9-12", Abstracts, p. 269-70; et aussi CNE-1 11ème rapport, 2005, p. 128

<https://www.cne2.fr/telechargements/cne1/rapport%2011%20-%20juin%202005.pdf?phpMyAdmin=XFyEwTnpqXv9qwtMxyZ8gJA7yIe>

(9) Dossier 2005 Argile – Tome Evolution Phénoménologique, juin, p. 385

<https://www.andra.fr/download/site-principal/document/editions/269.pdf>

(10) Propositions de l'Andra relatives à la réversibilité du projet Cigéo - décembre 2012, p. 25

<http://www.andra.fr/download/site-principal/document/editions/499.pdf>

(11) Tableau récapitulatif du coût de la phase industrielle pilote, MIRABEL LNE, le 31/01/2016

http://mirabel-lne.asso.fr/f/CIGEO_COUT_PHASE_PILOTE.pdf

(12) Lettre ouverte aux parlementaires – Coordination Burestop, le 15 octobre 2015

http://mirabel-lne.asso.fr/f/lettre_ouverte_aux_deputes_octobre_2015.pdf