

---

## Impact of gas migration around nuclear wastes disposals: Modelling of the gas injection experiment PGZ3

**Auteur :** Meunier, Fanny

**Promoteur(s) :** Collin, Frederic

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master en ingénieur civil des mines et géologue, à finalité spécialisée en ressources minérales et recyclage

**Année académique :** 2021-2022

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/14336>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

# ABSTRACT

**Title:** Impact of gas migration around nuclear wastes disposals: Modelling of the gas injection experiment PGZ3

**Author:** Fanny Meunier

**Promoter:** Frédéric Collin

**Academic year:** 2021 – 2022

**Section:** Master's degree in mining and geological engineering

Since the day nuclear power plants were put into service, the best solution to deal with radioactive wastes that emanate from the process is sought. In this framework, national organisations (ONDRAF for Belgium, ANDRA for France, etc.) were implemented to do some research on the topic. The one solution they favour for the long-term management of nuclear wastes is the deep geological repository. However, these comprise a lot of technical issues. One of them is the generation of gas by corrosion of metal compounds (such as canisters containing the wastes) that could rise in pressure and lead to bedrock fracturing, resulting in a lack of tightness of the disposal. ANDRA tries to study this phenomenon by experimental in-situ campaigns (carried out in an underground lab) during which gas is injected into the bedrock. The aim of this master's thesis is to reproduce one of these campaigns (namely PGZ3) by developing various numerical models with an increasing complexity.

A first part of this work aims at giving an overview of theoretical notions required to understand the specifications of the development of the numerical models. These notions cover background information about the management of nuclear wastes, including deep geological disposals in more details, the hydromechanical behaviour of porous media and gas transport in porous environments. A brief presentation of the PGZ3 experiment is also made.

Then, the first model that is developed is a purely hydraulic one-dimensional one. The latter allowed to identify the sequence of simulation steps needed to set the right boundary and initial conditions to perform a gas injection into the model. It also helped to get a first idea of the hydraulic variables evolutions and to calibrate parameters.

The next step is the introduction of mechanics in addition to the gas and water flows. This step is highly important as it allowed to identify stresses induced by the gas pressure. It was then possible to highlight eventual fracturing when the gas injection rate is important.

Finally, a two-dimensional model was developed to identify the parameters affecting the distribution of pressures along the borehole from which gas is injected. Indeed, in-situ results showed evidence that the gas might percolate along the contact surface between the rock and the tube. Factors affecting that eventual percolation are then highlighted in the last part of the work.

To conclude, the results obtained by numerical simulations are compared to the in-situ experiment results. Both seem to follow the same trends and reach similar pressure values.

# RÉSUMÉ

**Titre** : Impact des migrations de gaz autour des stockages géologiques profonds des déchets nucléaires : Modélisation de l'expérience d'injection de gaz PGZ3

**Auteur** : Fanny Meunier

**Promoteur** : Frédéric Collin

**Année académique** : 2021 – 2022

**Section** : Master en ingénieur civil des mines et géologue

Depuis le jour où les centrales nucléaires ont été mises en service, des recherches sont réalisées afin de trouver la meilleure solution pour traiter les déchets radioactifs qui émanent du processus. Dans ce cadre, des organismes nationaux (ONDRAF pour la Belgique, ANDRA pour la France, etc.) ont été mis à contribution pour effectuer des recherches sur le sujet. La solution privilégiée pour la gestion à long terme des déchets radioactifs est le dépôt en couches géologiques profondes, mais celui-ci comporte de nombreux problèmes techniques. L'un d'entre eux est la génération de gaz par la corrosion des composés métalliques (tels que les fûts contenant les déchets) qui pourrait augmenter en pression et conduire à la fracturation de la roche-mère, entraînant un manque d'étanchéité du stockage. L'ANDRA tente d'étudier ce phénomène en réalisant des campagnes expérimentales in-situ (réalisées dans un laboratoire souterrain) au cours desquelles du gaz est injecté dans la roche-mère. L'objectif de ce travail de fin d'études est de reproduire l'une de ces campagnes (à savoir PGZ3) en développant différents modèles numériques de complexité croissante.

Une première partie de ce travail vise à donner un aperçu des notions théoriques nécessaires à la compréhension des spécifications du développement des modèles numériques. Ces notions couvrent le contexte de la gestion des déchets nucléaires, y compris les stockages géologiques profonds plus en détail, le comportement hydromécanique des milieux poreux et le transport de gaz dans les milieux poreux. Une brève présentation de l'expérience PGZ3 est également faite.

Ensuite, le premier modèle développé est un modèle unidimensionnel purement hydraulique. Celui-ci a permis d'identifier la séquence d'étapes de simulation nécessaire pour établir les bonnes conditions aux limites et initiales afin de réaliser une injection de gaz dans le modèle. Elle a également permis de se faire une première idée sur l'évolution des variables hydrauliques et de calibrer les différents paramètres du modèle.

L'étape suivante est l'introduction de la mécanique en plus des flux de gaz et d'eau. Cette étape est très importante car elle a permis d'identifier les contraintes induites par les pressions de gaz. Il a alors été possible de mettre en évidence une éventuelle fracturation lorsque le taux d'injection du gaz est important.

Enfin, un modèle bidimensionnel a été développé pour identifier les paramètres affectant la distribution des pressions le long du forage à partir duquel le gaz est injecté. En effet, les résultats in-situ ont montré que le gaz pourrait percoler le long de la surface de contact entre la roche et le tube. Les facteurs affectant cette éventuelle percolation sont alors mis en évidence dans la dernière partie du travail.

Pour conclure, les résultats obtenus par les simulations numériques sont comparés aux résultats des expériences in-situ. Les deux semblent suivre les mêmes tendances et atteindre des valeurs de pression similaires.