

## **Modelling of sealing structures for radioactive waste repositories in clay formations (en ce compris une introduction à la méthodologie de la recherche)**

**Auteur :** Hayart, Dorian

**Promoteur(s) :** Collin, Frédéric

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master en ingénieur civil des constructions, à finalité spécialisée en "civil engineering"

**Année académique :** 2025-2026

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/26122>

---

### *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.*

---

# Modelling of sealing structures for radioactive waste repositories in clay formations

**Author:** HAYART Dorian

**Supervisor:** COLLIN Frédéric

**Degree:** Master of Science in Civil Engineering

**Academic Year:** 2025-2026

**EN:** Among the challenges faced by the nuclear industry, the safe management of high level radioactive waste is of great importance. Currently, deep geological disposal systems are widely recognised as the safest long-term option. Nevertheless, within these systems, sealing structures are subject to complex coupled hydro-mechanical phenomena, which must be understood to ensure the safety of the solution. Accordingly, this work aims to model a sealing structure using the finite element code **LAGAMINE**, which is employed to numerically simulate the lifetime of the sealing structure. A progressive modelling strategy is adopted, starting with small scale benchmark exercises before a gradual evolution of the complexity of the models, up to the representation of the entire sealing structure. The emphasis is first placed on the behaviour of bentonite, a complex material of the sealing structure, and on a sensitivity analysis of its mechanical parameters. Then, its behaviour under a situation closer to reality is studied through a larger scale 2D axisymmetric model, with a first quantification of several variables, such as the swelling pressure and the displacement of the bentonite sample. Lastly, the behaviour of the entire sealing structure is studied, still through a 2D axisymmetric model. In this last model, different phases of the lifetime of the gallery are modelled, from the excavation works to the end of the saturation of the structure. In terms of results, this work first showed that the employed numerical model is capable of reproducing the experimental data corresponding to laboratory tests of a bentonite sample. Then, it showed that the first type of bentonite used in this work develops too much swelling pressure, making it necessary to switch to a different mixture, composed of 20% of powder and 80% of pellet. Subsequently, it demonstrated that this new mixture effectively reduces the swelling pressure, thereby satisfying the requirements of the repository site. Finally, the full-scale model yielded results that are consistent with those presented before, confirming that the requirements are also satisfied for the entire sealing structure.

**FR:** Parmi les défis auxquels est confrontée l'industrie nucléaire, la gestion sûre des déchets radioactifs de haute activité revêt une importance majeure. À l'heure actuelle, les systèmes de stockage géologique profond sont largement reconnus comme l'option la plus sûre à long terme. Néanmoins, au sein de ces systèmes, les structures de scellement sont soumises à des phénomènes hydro-mécaniques couplés complexes, qui doivent être compris afin de garantir la sûreté de la solution. Dans ce contexte, ce travail vise à modéliser une structure de scellement à l'aide du code éléments finis **LAGAMINE**, utilisé pour simuler numériquement l'évolution de la structure au cours de sa durée de vie. Une stratégie de modélisation progressive est adoptée, en commençant par des exercices de validation à petite échelle avant d'augmenter graduellement la complexité des modèles, jusqu'à la représentation de l'ensemble de la structure de scellement. L'accent est d'abord mis sur le comportement de la bentonite, matériau complexe constituant la structure de scellement, ainsi que sur une analyse de sensibilité de ses paramètres mécaniques. Ensuite, son comportement dans une situation plus proche de la réalité est étudié au moyen d'un modèle axisymétrique 2D de plus grande échelle, permettant une première quantification de plusieurs variables, telles que la pression de gonflement et le déplacement de l'échantillon de bentonite. Enfin, le comportement de l'ensemble de la structure de scellement est étudié à l'aide d'un modèle axisymétrique 2D. Dans ce dernier modèle, les différentes phases de la durée de vie de la galerie sont représentées, depuis les travaux d'excavation jusqu'à la fin de la saturation de la structure. En termes de résultats, ce travail a tout d'abord montré que le modèle numérique utilisé est capable de reproduire les données expérimentales issues d'essais de laboratoire réalisés sur un échantillon de bentonite. Il a ensuite mis en évidence que le premier type de bentonite utilisé dans cette étude développe une pression de gonflement trop élevée, rendant nécessaire l'adoption d'un mélange différent composé de 20% de poudre et de 80% de pellets. Les simulations ont ensuite démontré que ce nouveau mélange permet effectivement de réduire la pression de gonflement et de satisfaire ainsi aux exigences du site de stockage. Enfin, le modèle à l'échelle réelle a fourni des résultats cohérents avec ceux obtenus précédemment, confirmant que ces exigences sont également respectées pour l'ensemble de la structure de scellement.