

OFFRE DE THESE

Modélisation numérique des interactions eau-gaz-roche dans les zones endommagées des stockages souterrains : le cas du centre de stockage de déchets radioactifs Cigéo

Nos réf. : Ineris - 235565 - ID 2852855

Date de publication : 18/03/2026

Lieu : Ineris (54) – Ecole des Mines de Nancy, à 1h30 mn de Paris en TGV

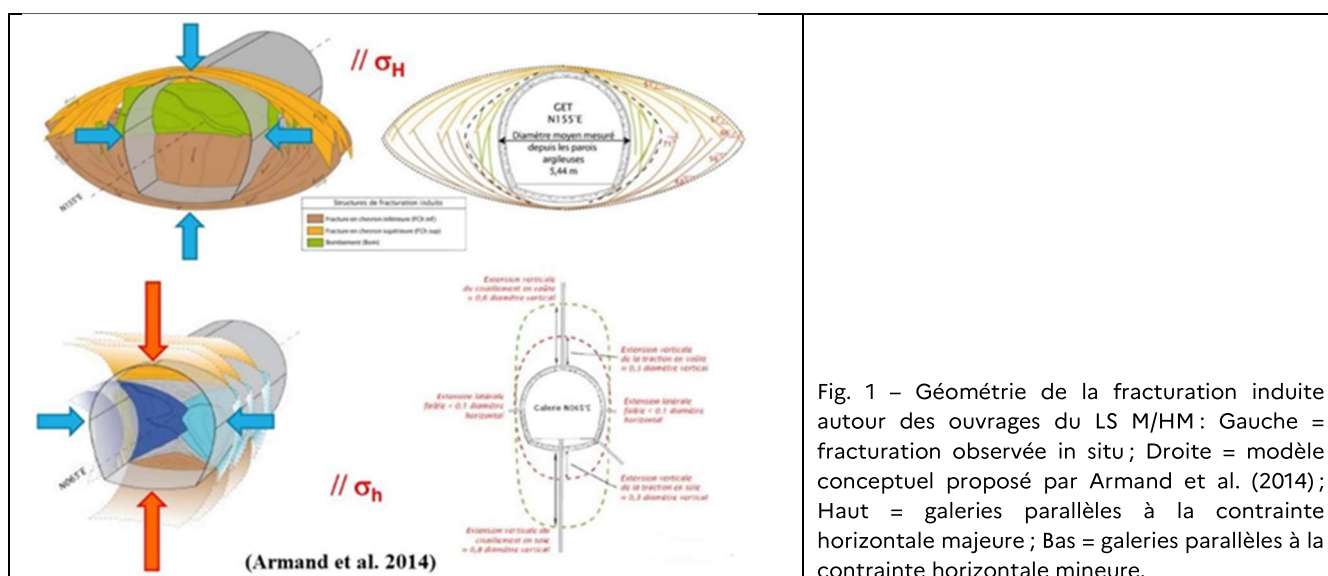
Type de contrat : contrat doctoral de droit privé

Contact : Mountaka.Souley@ineris.fr - Tél. : 03 54 40 66 33 pour plus d'information

Contexte scientifique

La gestion sûre des déchets nucléaires en stockage profond repose sur la stabilité et l'étanchéité des ouvrages souterrains, construits dans des formations argileuses comme le Callovo-Oxfordien (COx). Lors du creusement de galeries, une zone endommagée (EDZ) se forme autour des ouvrages (Fig. 1), caractérisée par une fracturation complexe qui évolue dans le temps sous l'effet de l'eau, du gaz et des contraintes mécaniques.

Depuis plus de 20 ans, le laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne (LS M/HM) a permis d'accumuler une base de données unique sur le comportement de cette roche hôte et sur l'évolution de l'EDZ (Armand et al. 2014, Souley et al. 2026). Les approches de modélisation numérique utilisées jusqu'ici, principalement continues, peinent à reproduire fidèlement la géométrie et la dynamique de la fracturation observée et leurs conséquences sur la cinétique en champ proche. Des approches plus récentes, dites « discontinues » ou « mixtes », ouvrent de nouvelles perspectives pour mieux comprendre et prédire l'évolution de l'EDZ, mais de nombreux verrous scientifiques subsistent comme l'ont mis en évidence les travaux exploratoires menés par Camusso et al. 2022, Thoraval 2023, Thoraval et al. 2026.



Sujet de la thèse

L'objectif de cette thèse est d'approfondir et de consolider les nouvelles méthodologies de modélisation (discontinue ou mixte) récemment explorées par Thoraval et al. (2026) afin de :

- Comprendre la formation, l'évolution et l'impact de la fracturation autour des ouvrages de stockages souterrains.
- Étudier l'influence des sollicitations hydrauliques (eau), gazeuses (gaz) et mécaniques sur l'activation et la propagation des fractures.
- Évaluer les conséquences de l'évolution de la fracturation sur la performance et l'évaluation de la stabilité des ouvrages de fermeture du centre de stockage Cigéo en particulier, et des stockages souterrains en général.

Ce que tu feras concrètement

- **Analyse de données de terrain** : Tu exploiteras une base de données unique issue de plus de 20 ans de mesures in situ (pression, déformations, fracturation...) et d'essais de laboratoire pour comprendre le comportement de la formation et l'évolution de la zone endommagée (EDZ) autour des ouvrages de Cigéo.
- **Modélisation numérique 2D/3D (Eléments Distincts, Eléments Finis)** : Tu développeras et utiliseras des modèles innovants (discontinus ou mixtes) initiés dans les travaux exploratoires (Thoraval et al. 2026) pour simuler la fracturation, son évolution dans le temps, et l'impact des sollicitations hydrauliques, gazeuses et mécaniques, ainsi que les interactions eau-gaz-roche résultantes.
- **Démarche basée sur une augmentation progressive en complexité du comportement de la matrice et des fractures** : linéaire → non linéaire, anisotropie, effets différés, couplage hydromécanique en saturé monophasique (eau, gaz).
- **Validation fondée sur la comparaison avec les mesures de terrain et les nombreuses prédictions des modèles continus du COx décrits dans la littérature** : Tu confronteras tes simulations aux observations réelles, proposeras de nouvelles interprétations des mesures si besoin, et participeras à l'enrichissement des modèles sur la base des avancées scientifiques récentes et à l'interprétation des mécanismes physiques en jeux.
- **Évaluation de la stabilité des ouvrages souterrains** : Tu analyseras les conséquences de l'évolution de la fracturation sur la stabilité à court, moyen et long terme et la performance des ouvrages de fermeture du centre de stockage Cigéo.
- **Travail en équipe et communication** : Tu collaboreras avec des spécialistes reconnus (Ineris, Andra, Université de Lorraine), présenteras tes résultats lors de réunions, séminaires et congrès, et participeras à la vie scientifique d'une équipe dynamique et internationale.

Pourquoi ce sujet est passionnant ?

- **Un enjeu de société concret** : Tes travaux contribueront directement à la sécurité environnementale et à la gestion responsable des déchets radioactifs les plus dangereux.
- **Un terrain d'expérimentation unique** : Tu auras accès à un laboratoire souterrain de référence mondiale, avec des données et des installations exceptionnelles.
- **Une aventure scientifique et humaine** : Tu seras intégré dans une équipe dynamique, pluridisciplinaire et internationale.

- **Des compétences variées et valorisantes** : Tes travaux te conduiront à développer tes compétences en modélisation, analyse de données, interprétation d'expérimentations, communication scientifique...
- **Des débouchés larges** : A l'issue de ta thèse, tu pourras t'orienter vers l'industrie, la recherche publique, l'enseignement supérieur, en France et à l'international.

Pour qui ?

- Master 2 ou diplôme d'ingénieur en géosciences, génie civil, mécanique, physique, ou domaines proches.
- Curieux(se), motivé(e) par les grands défis environnementaux et industriels.
- Envie de comprendre, modéliser, confronter, et de voir l'impact concret de tes travaux.

Les plus du projet

- **Encadrement de qualité par une équipe mixte** (Ineris, Université de Lorraine, Andra).
- **Rémunération attractive** (environ 2200 €/mois brut).
- **Mobilité et réseau** : déplacements en France et à l'étranger, participation à des congrès.

Dossier de candidature

- **Documents à fournir** :
Curriculum vitae - Copies des certificats de chaque diplôme universitaire et notes obtenues - Lettre de motivation - Toute recommandation de vos enseignants et/ou encadrants.
- **Eligibilité** :
Tou(te)s les candidat(e)s intra-communautaires - Candidat(e)s extra-communautaires ayant déjà un statut d'étudiant(e) en France - Titulaire un diplôme de Master ou équivalent - Compétences en français et/ou anglais : écrit et oral.
- **Date limite de candidature** : 20 mars 2026

Contact

- **M. Souley**
Ineris - Campus ARTEM - Ecole des Mines de Nancy - CS 14234 F-54042 Nancy Cedex
Tel: +33 (0)3 54 40 66 33, Email: Mountaka.Souley@ineris.fr
- **F. Golfier**
UMR 7359 GeoRessources, ENSG, Université de Lorraine - 54505 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex
Tel: +33 (0)3 72 74 45 63, Email: Fabrice.Golfier@univ-lorraine.fr

Références

Armand G, Leveau F, Nussbaum C, de La Vaissiere R, Noiret A, Jaeggi D, Landrein P, Righini C (2014) Geometry and properties of the excavation induced fractures at the Meuse/Haute-Marne URL drifts. Rock Mech Rock Eng 47(1):21–41. <https://doi.org/10.1007/s00603-012-0339-6>

Camusso M., H. Tran-Manh, D. Billaux, M.N. Vu, O. Ozanam (2022) - CIGEO project - Analysis of ILW-LL repository tunnel long term behavior. Clay2022 Conf. Nancy, June 2022

Souley M., C. De Lesquen, M.-N. Vu, G. Amand (2026) - Advanced thermo-hydro-mechanical modelling of Callovo-Oxfordian claystone: Temperature effects and multi-scale applications for geological disposal safety. Int J Rock Mech & Min Sci 199 (2026) 106397

Thoraval A., M. Souley, M.N. Vu (2026) Hydromechanical modelling of damaged zone around underground storage facilities. CouFrac2026

Thoraval A. (2023) Modélisation discontinue préliminaire du comportement de l'argilite à Court et Moyen/Long Terme. Rapport d'Etude, Ref. Ineris-208805-277018

Ce poste est ouvert aux personnes en situation de handicap.