

Modélisation Thermo-Hydro-Mécanique d'un ouvrage souterrain de stockage profond

Une des solutions envisagées pour le traitement des déchets radioactifs à longue durée de vie consiste à les stocker profondément (de l'ordre de 500m) dans une formation géologique imperméable, par exemple de l'argilite (1). Il faut, en conséquence, s'assurer de l'innocuité sur l'environnement des colis de déchets durant l'activité radiologique de ces derniers, c'est-à-dire plusieurs siècles.

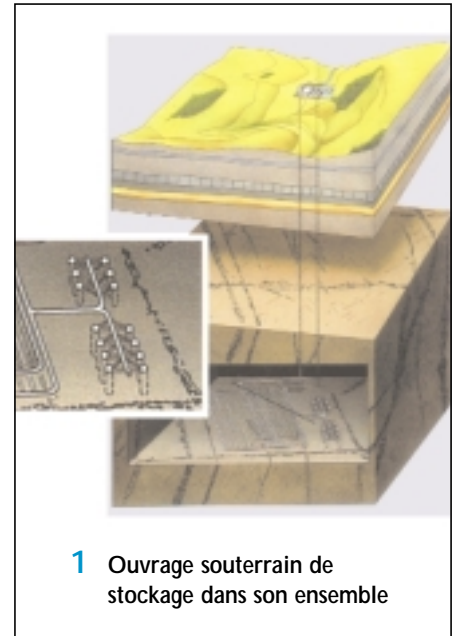
Organisation générale de l'ouvrage

Parmi les architectures possibles de la partie stockage proprement dite, une réalisation (proposition EDF) est constituée d'un réseau de galeries de manutention, revêtues de voussoirs en béton, à partir desquels est réalisé un faisceau de puits réceptionnant les colis de déchets (2). Les colis sont isolés du massif environnant appelé barrière géologique (BG) par une barrière ouvragée (BO) limitant la corrosion acquise des colis et contrôlant le relâchement des radionucléides éventuellement libérés par les colis.

Modélisation du comportement thermo-hydro-mécanique de l'ouvrage

Plusieurs phénomènes physiques se développent au cours de la construction puis de la vie de l'ouvrage. Parmi ceux-ci, trois phénomènes importants et interagissants ont été modélisés :

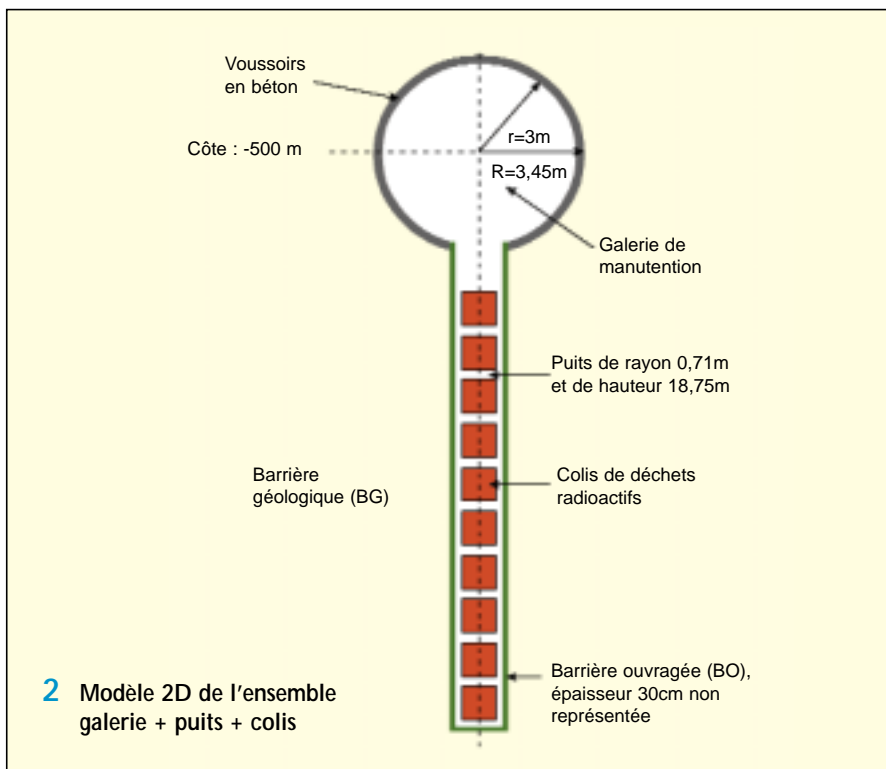
- la thermique : les colis dégagent de la chaleur durant leur durée d'activité multi-séculaire. Ceci conduit à des températures élevées (120°C maximum au droit des colis au bout d'une dizaine d'années),
- l'hydraulique : la faible perméabilité du massif engendre des écoulements hydrauliques et une consolidation du sol extrêmement lents. Ces caractéristiques impliquent également des gradients hydrauliques et des pressions interstitielles importants au cours de la construction et de la vie de l'ouvrage,
- enfin, le comportement mécanique de la BG et de la BO, sensible à l'histoire de construction de l'ouvrage et de chargement des colis est intimement couplé aux phénomènes thermique et hydraulique décrits précédemment.



La modélisation THM (Thermo-Hydro-Mécanique) du *Code_Aster* traite simultanément et de manière couplée ces trois types de phénomènes. L'utilisateur choisit parmi une gamme importante de lois de comportement mécanique celle qui lui convient le mieux. La loi utilisée dans cette étude (premier niveau de la loi CJS) rend compte de la plastification déviatorique des sols et de leur éventuelle dilatance. Les fonctionnalités du *Code_Aster* simulent, en outre, les phases de la construction de l'ouvrage (excavation des galeries, pose du revêtement en béton, creusement des puits ...).

Présentation de l'étude

L'étude THM complète de l'ouvrage revêt de nombreux aspects tant géométriques que phénoménologiques (géométrie tridimensionnelle, réseau de galeries, modélisation de la BO non saturée, ...). Leur multitude et leur complexité rendant difficile leur appréhension en une étude unique, il a été décidé de fractionner l'étude en plusieurs tâches simplifiées. L'étude présentée ici concerne la modélisation THM plane d'une galerie et d'un puits isolés (2) avec une BG saturée. La BO désaturée n'est pas représentée dans



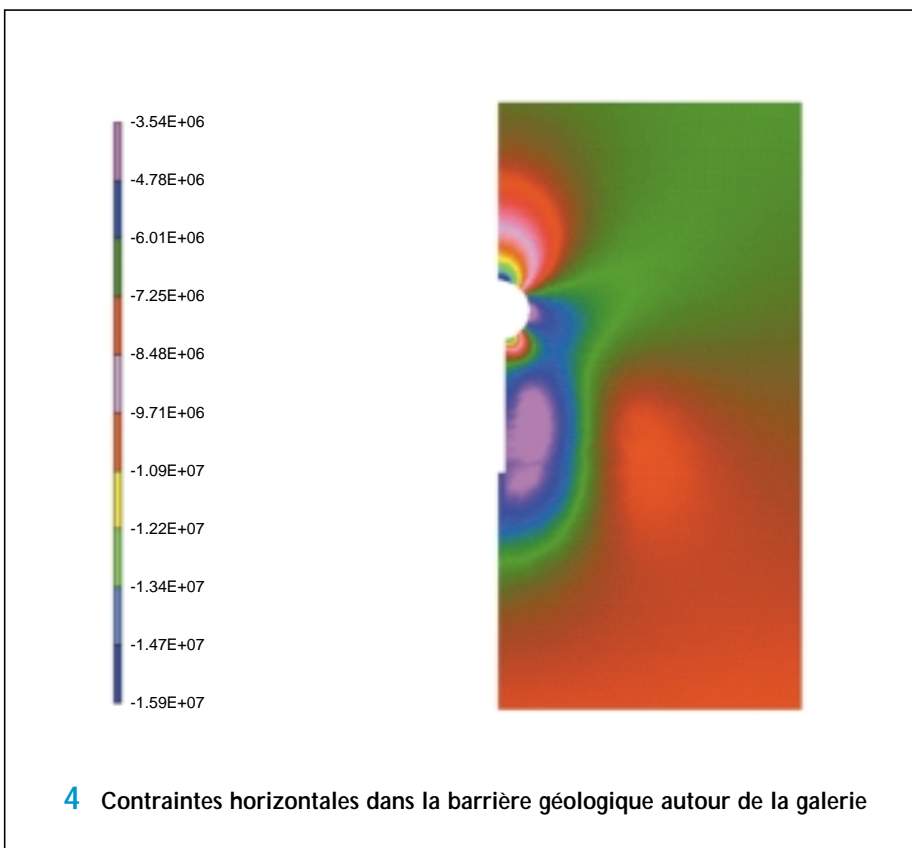
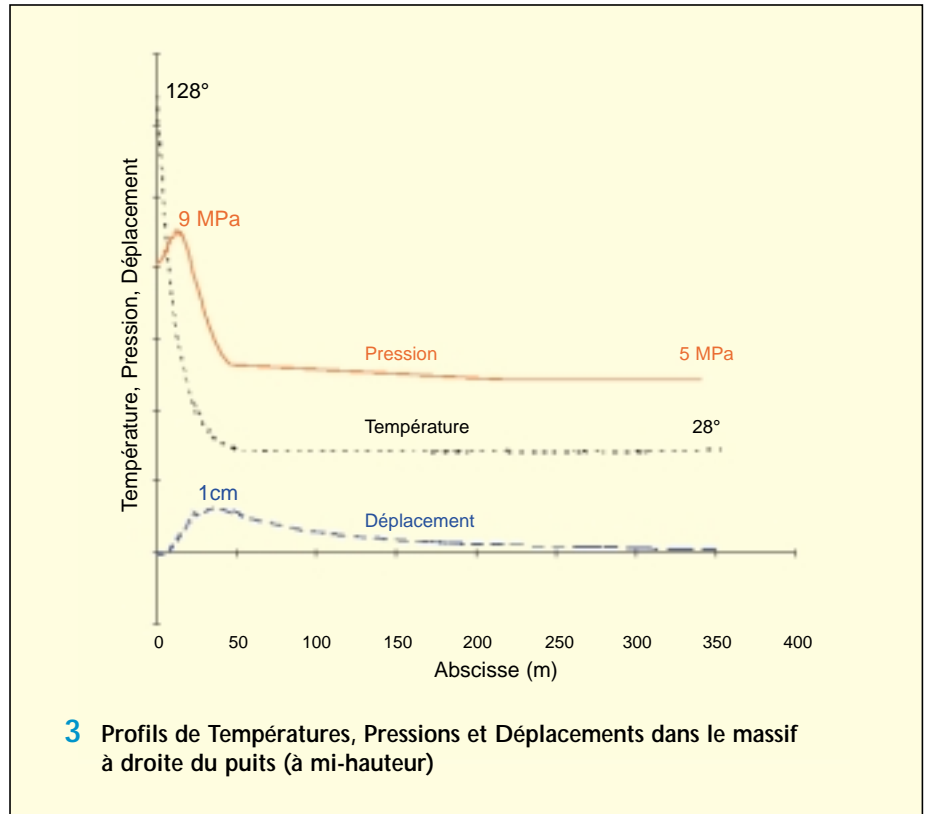
Modélisation Thermo-Hydro-Mécanique d'un ouvrage souterrain de stockage profond (suite)

cette étude. Sa présence et son éventuelle resaturation sont prises en compte indirectement par un calcul annexe qui permet d'injecter des conditions aux limites plus réalistes en pression et en température au bord du puits dans le modèle principal plan.

Résultats

La phase d'excavation de la galerie de manutention provoque des perturbations dans une zone réduite autour de la galerie (5 mètres). La phase de creusement du puits et de mise en place des colis a, quant à elle, une influence sur une plus grande partie de l'ouvrage, (autour de la galerie et à hauteur du puits).

Les profils de température T , de pression interstitielle P et de déplacement horizon-



tal DX le long d'une coupe horizontale dans le massif à droite du puits (3) sont présentés au bout de 10 ans, date à laquelle la chaleur dégagée par les colis est maximale. La température atteint son maximum au bord du puits (128°) alors que pour P et DX , le pic est à l'intérieur de l'ouvrage et ce front se déplacera progressivement vers l'intérieur. La longueur d'action de la charge thermique est limitée à un rayon de 200 mètres autour du puits isolé. Les isovaleurs de contraintes horizontales autour de la galerie et du puits (4) montrent que le massif présente une zone de faiblesse autour du puits (zone correspondant aux pics de P et DX). Il faut préciser que dans cette étude, les données de la BG sont telles qu'elle reste élastique. ■