N° 5

géologie-news

Paul Bossart

Editorial

Chère lectrice, cher lecteur,

Le projet arrive enfin à son terme: après environ deux ans de chantier, les travaux d'extension dans le laboratoire souterrain du Mont Terri à St-Ursanne s'achèvent. Nous avons su profiter parfaitement de cette opportunité. Avec nos 21 partenaires de recherche nationaux et internationaux, nous avons élaboré un nouveau programme de recherche dans l'extension du laboratoire souterrain. Cependant, le sujet du stockage en toute sécurité des déchets radioactifs est loin d'être clos, tout comme celui du stockage du CO_2 dans le sous-sol. Les nouvelles expériences dans le laboratoire souterrain agrandi vont apporter un souffle nouveau dans ces domaines. Et le plus important: les visiteurs pourront se faire une idée du fonctionnement d'un dépôt en couches géologiques profondes, des investissements scientifiques et techniques nécessaires et des efforts qu'il reste à fournir.

Le laboratoire souterrain du Mont Terri figure parmi les plus importants laboratoires géologiques du monde pour la recherche sur l'argile. Dédié à la recherche sur les dépôts en couches géologiques profondes de déchets radioactifs et sur le stockage du CO_2, il se situe à environ 300 mètres en-dessous de la surface de la terre. 167 expériences ont été lancées depuis 1996, dont environ les deux tiers ont été achevées. Pour continuer de bénéficier de suffisamment de place pour de nouveaux projets de recherche à l'avenir, le canton du Jura comme propriétaire du laboratoire a octroyé un permis de construire pour les travaux d'extension du laboratoire souterrain «Galerie 18». Les travaux ont débuté en février 2018 et se sont achevés en octobre 2019. L'extension comprend 514 mètres de galeries et de niches supplémentaires, ce qui double presque la taille du laboratoire. Tous les partenaires de recherche participent au coût total de 4,75 millions de CHF.

Paul Bossart

swisstopo
savoir où

Le laboratoire souterrain du Mont Terri – La recherche scientifique de pointe au canton du Jura

Le nouveau programme de recherche dans les argiles à Opalinus

En 2015 sur l'initiative de swisstopo, les partenaires du consortium Mont Terri ont été invité à soumettre des idées de nouvelles expériences répondant aux axes stratégiques de recherche de leurs organisations respectives. Ainsi, la décision d'agrandir le laboratoire a été principalement motivée par l'élaboration d'un nouveau programme de recherche dont la mise en œuvre requiert la création de nouveaux espaces dans un laboratoire en manque de place. Deux axes de recherches ressortent de cet appel à projets qui a abouti à la soumission de 45 propositions, dont 11 ont déjà reçu les financements nécessaires pour leur réalisation sous forme d'expériences (Fig. 5). En résumé, il s'agit de la poursuite des programmes de recherche sur le stockage des déchets radioactifs, et sur le stockage géologique du CO_2 qui a débuté en 2011 sous l'impulsion de swisstopo. Dans le premier cas, l'accent est mis sur l'évolution à long terme des démonstrateurs, la mise en œuvre d'expériences de scellements de galeries et forages à échelle réelle, et finalement l'amélioration du soutènement géotechnique des galeries creusées dans les argiles à Opalinus. Pour rappel, l'argile à Opalinus sera la roche d'accueil pour accueillir les déchets radioactifs en Suisse. Dans le second cas lié au contexte du stockage géologique du CO_2, l'argile à Opalinus est considérée comme une roche de couverture de référence. Elle doit être étanche afin d'éviter toute fuite de CO_2 qui se trouvera stocké dans un réservoir situé sous les argiles. En cas de défaut d'étanchéité de la roche de couverture, notamment le long de zones de faille, les risques seraient que le CO_2

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de topographie swisstopo
www.swisstopo.ch

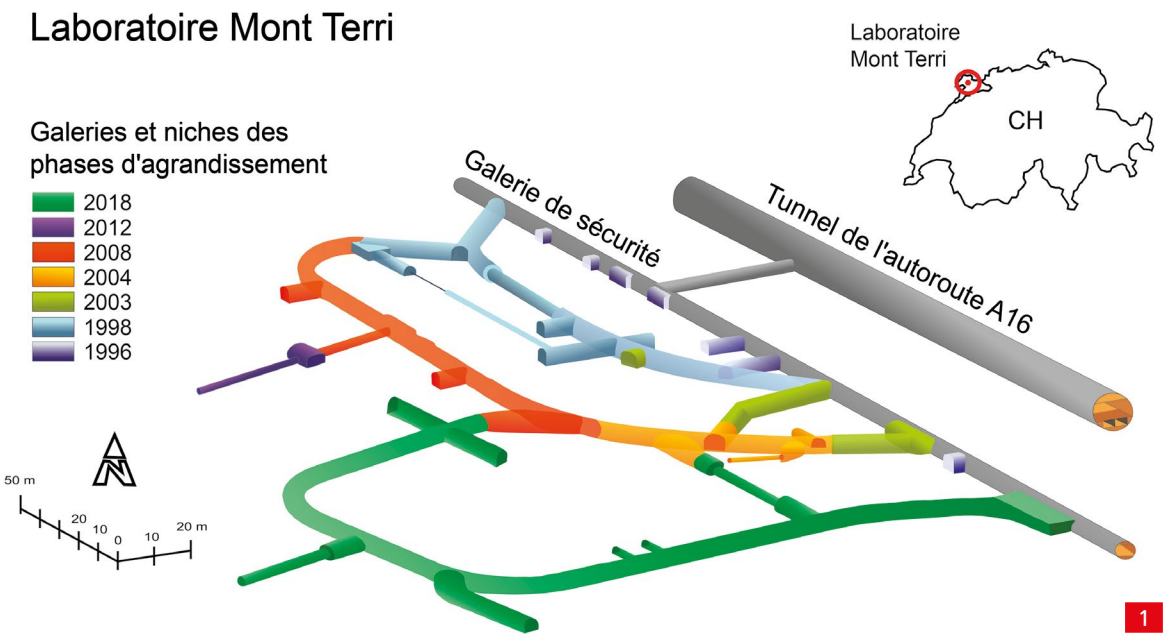

Fig. 1 : Vue en perspective du laboratoire souterrain du Mont Terri, état 2019. Le laboratoire souterrain se trouve à côté de la galerie de secours du tunnel autoroutier du Mont Terri (autoroute A16, qui relie la Suisse à la France et qui traverse le canton du Jura). Les différentes étapes de construction sont représentées en couleur.

contaminerait les eaux souterraines potables et, finalement, s'échapperait dans l'atmosphère.

L'extension du laboratoire a permis de réaliser des expériences ciblées dans le faciès sableux des argiles à Opalinus pour mieux comprendre les processus qui ont un impact sur la stabilité des galeries, tels que le taux d'humidité de l'air (CD-A), la présence de zones de faille (PF) et le développement de la zone endommagée par le creusement (GC-A). L'excavation de galeries engendre non seulement une déformation des argiles mais aussi une perturbation de la pression porale qui lui est couplée (MB-A). Afin d'assurer la stabilité des galeries à long terme, différents types de soutènement sont mis en œuvre et comparés (TS). L'expérience HC vise à caractériser la transition progressive entre les argiles à Opalinus à très faible perméabilité et les calcaires sus-jacents davantage perméables. L'expérience SW-A vise à tester à échelle réelle un nouveau système de scellement de forages de grands diamètres (120 cm). L'expérience DR-C simule le scénario d'une perte d'étanchéité accidentel d'un conteneur durant la phase initiale de mise en place, en mesurant la diffusion des radionucléides sous un gradient thermique élevé.

Dans le contexte du CO_2, l'objectif de l'expérience CS-D vise à simuler une fuite à travers la zone de faille. Elle consiste donc à injecter du CO_2 dissout dans la faille principale du laboratoire souterrain afin d'évaluer le risque de fuite et de micoséismicité induite (Fig. 3). Réalisée dans un volume de roche dix fois supérieur, l'expérience FS-B consiste à injecter de l'eau sous pression à travers la même zone de faille afin de la réactiver (Fig. 4). A l'aide de méthodes géophysiques, cette expérience cherche à visualiser et estimer la taille de la zone de faille qui aura glissée (mouvements infra-millimétriques), ainsi que celle de la zone pressurisée. Plusieurs cycles de stimulations, entrecoupés de phases d'inactivités, sont prévus afin

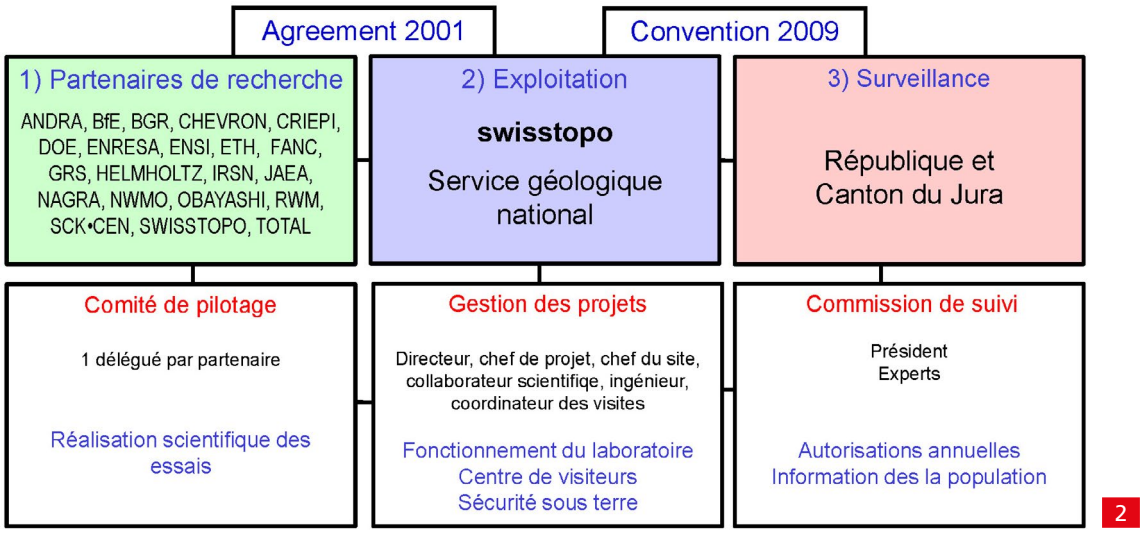

Fig. 2 : L'organisation du laboratoire souterrain se compose de trois unités : 1) Les partenaires participent à la recherche et financent les expériences. 2) swisstopo dirige le projet de recherche, exploite le laboratoire souterrain et est responsable de la sécurité. 3) La commission de surveillance jurassienne examine les demandes de recherche et octroie les autorisations annuelles.

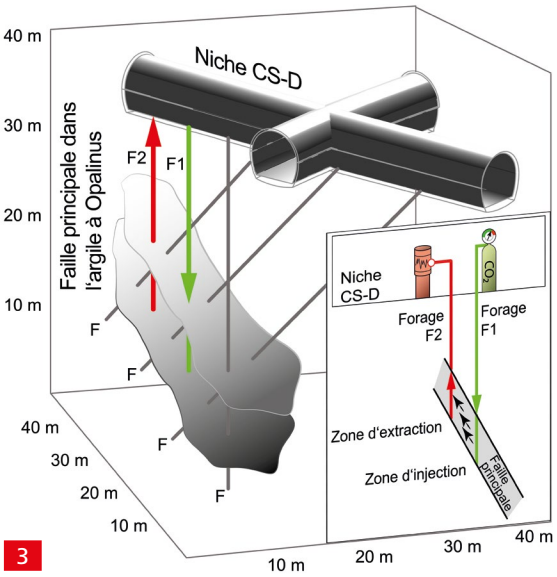

Fig. 3 : Vue 3D de la nouvelle expérience CS-D. Le CO_2 est injecté sous forme dissoute dans le forage F1 à travers la zone de faille. Afin de mesurer les variations géochimiques au contact du CO_2, des échantillons de fluides sont prélevés dans le forage F2. Les autres forages (F) servent à l'imagerie géophysique et à mesurer la réponse hydromécanique des argiles soumises à une injection de CO_2 durant plusieurs mois (source : A. Zappone, ETHZ)

Fig. 4 : Installation d'un mini-piézomètre à un système d'acquisition de données du laboratoire.

d'évaluer le potentiel d'auto-cicatrisation des argiles, l'un des atouts majeurs de cette roche. Finalement, l'étanchéité des argiles intactes sera aussi testée par une injection continue de CO_2 sur le long terme (CL).

Technologie de pointe pour une cartographie numérique du tunnel

Une équipe du Service géologique national de swisstopo a documenté les travaux de percement du tunnel avec une technologie de pointe. Cette dernière permet une cartographie à distance et entièrement numérique des affleurements du tunnel, en garantissant les importantes exigences sécuritaires. En effet, les géologues ne doivent pas s'exposer aux risques de chutes de pierres et peuvent photographier l'avancement journalier du percement à distance. Grâce à une connexion sans fil, les images sont transférées sur une tablette, où les principales structures et caractéristiques de la roche sont rapidement générées en deux dimensions. Il faut compter environ une demi-heure pour une prise de vue dans le tunnel, y compris le géoréférencement en vue de son traitement. Finalement, le géologue passe environ deux heures dans son bureau pour l'élaboration d'un modèle 3D de la prise de vue du jour. La mensuration précise de la surface sert aux contrôles de qualité et à la sécurité des travaux.
Les spécialistes peuvent analyser les modèles 3D et générer des coupes géologiques pour des cartes (Fig. 5 et 6).
L'extension du laboratoire a révélé de nouvelles zones de roche et a créé de l'espace supplémentaire pour de futures expériences. De plus, certaines galeries et niches s'étendent maintenant jusqu'à la roche de la formation du Passwang qui se situe au-dessus de l'argile à Opalinus, ce qui présente un intérêt pour la recherche sur les importantes zones de transition beaucoup plus perméables et parfois karstiques.

Sécurité

Le Laboratoire souterrain du Mont Terri est soumis aux règles de sécurité de l'OFROU (Office fédéral des routes) dans les tunnels autoroutiers suisses. Un concept de sécurité, remis à jour annuellement par un bureau d'ingénieurs à Delémont, harmonise les règles en vigueur au laboratoire souterrain avec celles du tunnel autoroutier du Mont Terri. Ce document est édité en collaboration avec l'OFROU, la commission cantonale de suivi et swisstopo. Le chef de site du laboratoire s'assure que les prescriptions du concept de sécurité soient respectées.

Tous les intervenants (prestataires de service et chercheurs) reçoivent une formation de sécurité qui les rend indépendants en cas d'évènements imprévus dans le laboratoire. Aussi, les voies de fuite et les comportements à adopter sont démontrés sur place.
La construction de la nouvelle galerie a impliqué une refonte du concept de sécurité en tenant compte du trafic de chantier et du comportement à adopter lors des travaux d'excavation.
Les équipements en relation avec la sécurité sont régulièrement testés et les intervenants entraînés lors d'exercices grandeur nature organisés tous les 2 ans. Ces exercices ont pour but de perfectionner la collaboration du personnel swisstopo avec la police cantonale jurassienne, les corps des sapeurs-pompiers de Delémont et de Porrentruy, le service des ambulances de l'hôpital du Jura et le service des infrastructures en charge des installations autoroutières.

De l'agrandissement du laboratoire découleront de nouvelles installations en relation avec la sécurité. Un container de survie sera installé au point le plus éloigné des voies de fuite; des rideaux antifumée permettront de compartimenter le laboratoire en cas d'incendie; la communication des services de secours sera assurée par l'extension d'un réseau Polycom opérationnel en milieu souterrain.

Les visiteurs du laboratoire souterrain sont toujours accompagnés par au moins une personne de sécurité qui a reçu une formation adéquate. Les collaborateurs swisstopo qui assurent cette mission suivent périodiquement des cours de remise à niveau afin de rafraîchir leurs connaissances et de se familiariser aux développements intervenus sur le site du Mont Terri (Fig. 7a et 7b).

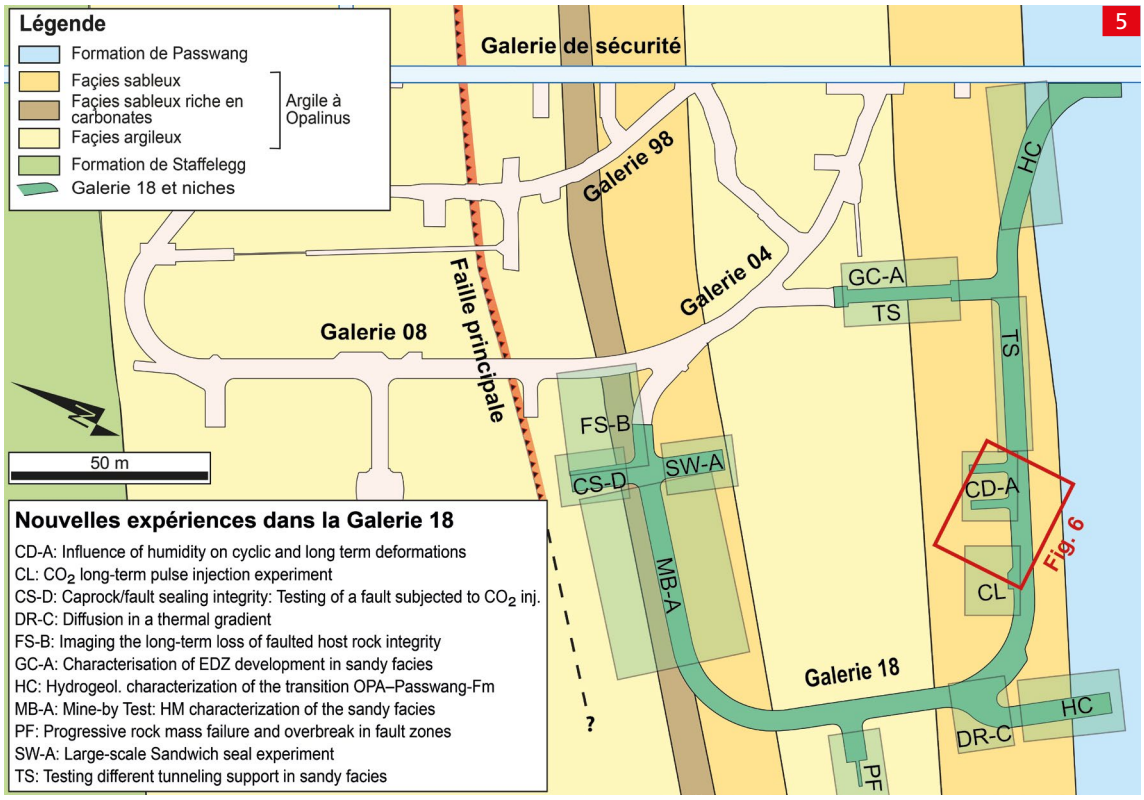

Fig. 5 : Carte géologique du laboratoire souterrain du Mont Terri avec la nouvelle partie du laboratoire en vert (Agrandissement sur Fig. 6).

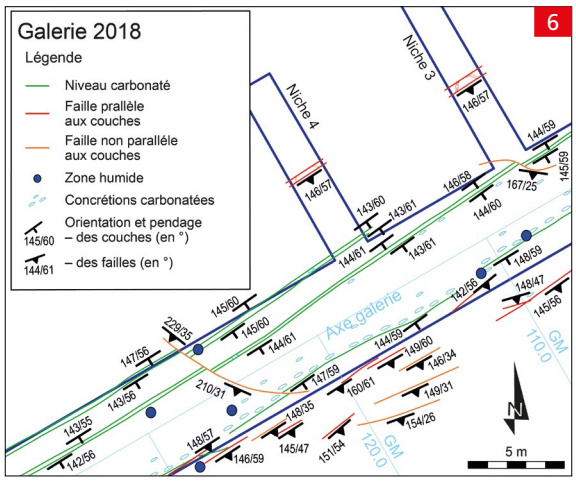

Fig. 6 : Image partielle de la carte détaillée dans la zone de la nouvelle partie du laboratoire.

Grâce à toutes ces mesures, à l'entraînement du personnel swisstopo et à la formation des intervenants, les réactions lors d'évènements survenus ont été adéquates. Jamais une situation entraînant des blessures graves ne s'est produite au laboratoire souterrain.

Venez nous rendre visite !

Découvrez nos expériences sur les dépôts en couches géologiques profondes de déchets radioactifs et sur le stockage du CO_2 lors de votre visite au laboratoire souterrain du Mont Terri. À une profondeur d'environ 300 mètres, adjacentes au tunnel autoroutier du Mont Terri dans le Jura (Suisse romande), les galeries et niches du laboratoire souterrain s'étendent sur 1,2 kilomètre. Pendant la visite, votre guide s'arrêtera à des endroits stratégiques pour vous présenter diverses recherches sur la géologie, les tremblements de terre, la construction de dépôts en couches géologiques profondes, l'injection de CO_2, pour ne citer que certains sujets.

Le point de départ de votre visite se situe au Centre de visiteurs du Mont Terri, tout près de la gare de Saint-Ursanne. À votre arrivée, une exposition vous donnera l'occasion de vous familiariser avec le thème des dépôts en couches géologiques profondes. Ensuite, une brève présentation vous fournira des informations sur l'histoire et l'organisation du laboratoire souterrain, sur les déchets radioactifs en Suisse, sur l'état d'avancement des dépôts en couches géologiques profondes et sur le stockage de CO_2 ainsi que les expériences en cours. Après avoir pu poser vos questions, vous pénétrerez dans le tunnel, équipé d'un casque et d'un émetteur de localisation (Fig. 8). En empruntant la galerie de secours du tunnel autoroutier, nos minibus vous emmèneront 174 millions d'années en arrière. Votre visite dans le laboratoire souterrain du Mont Terri vous permettra de jeter un regard nouveau sur l'avenir de la transition énergétique.

Fiche d'information

Organisation :

- **Organisations partenaires :** 21, originaires de 9 pays (Europe, États-Unis, Canada, Japon)
- **Exploitant du laboratoire souterrain :** Service géologique national de swisstopo
- **Propriétaire de la roche :** République et canton du Jura

Fig. 7a: Exercice d'engagement sanitaire avec simulation d'un blessé présentant une blessure au dos.

Fig. 7b: Comment éteindre un feu et avec quels moyens? Exercice avec l'équipe du Mont Terri.

Fig. 8: Groupe de visiteurs au laboratoire souterrain du Mont Terri. À l'aide d'expériences dans le laboratoire souterrain du Mont Terri, nous jetons ensemble un regard sur l'avenir de la consommation énergétique.

Financement:

- **Budget de recherche annuel:** au minimum 3 et au maximum 6 millions de CHF, financés par les organisations partenaires
- **Coûts d'exploitation annuels:** 1,3 millions de CHF
- **Investissement total:** depuis 1996, environ 96 millions de CHF investis
- **Attribution des contrats:** au moins 20 % du budget de recherche est attribué à des fournisseurs locaux dans le canton du Jura, environ 80 % à des institutions de recherche suisses et étrangères et à des entreprises spécialisées

Laboratoire souterrain:

- **Lieu:** tunnel du Mont Terri sur l'autoroute A16 à Saint-Ursanne, canton du Jura
- **Accès:** en voiture, par la galerie de secours du tunnel autoroutier du Mont Terri
- **Longueur du laboratoire souterrain:** 1,2 km
- **Nombre de niches destinées aux expériences:** 26
- **Surveillance des expériences** réseau informatique par fibre optique, deux génératrices de secours, service de piquet 24/24, 7/7
- **Sécurité:** un espace de survie (40 personnes, 2 h), un container d'urgence (45 personnes, 2 h), réseau Polycom opérationnel, rideaux antifumée, personnel de sécurité formé.

Recherche:

- **Géologie:** argile à Opalinus, âge: 174 millions d'années
- **Nombre d'expériences:** nombre total depuis 1996, 167, dont 122 achevées
- **Expériences en cours:** 45, dont 40 sur le dépôt en couches géologiques profondes des déchets radioactifs et cinq sur l'étanchéité de la roche argileuse pour le stockage de CO_2.
- **Utilité pour les partenaires étrangers:** développement méthodique, terrain de jeu (les erreurs sont permises), savoir comment ça fonctionne, analyse de sûreté, expériences de démonstration
- **Utilité pour la Suisse:** le laboratoire souterrain du Mont Terri a été déterminant pour démontrer la faisabilité du stockage des déchets radioactifs dans l'argile à Opalinus, le laboratoire souterrain contribue à l'acceptation des dépôts en couches géologiques profondes
- **Choix des sites des dépôts en couches géologiques profondes:** la procédure du plan sectoriel des dépôts en couches géologiques profondes est actuellement en cours, la nagra mène des investigations approfondies sur trois sites dans l'argile à Opalinus (cantons de Zurich et d'Argovie). Le laboratoire souterrain du Mont Terri sert uniquement pour la recherche; aucun dépôt en couches géologique profondes n'y est prévu

Contact

Christophe Nussbaum
Chef du Projet Mont Terri
Tél.: 058 469 05 87
E-Mail: christophe.nussbaum@swisstopo.ch

Interview avec Pascal Mertenat, chef du service des infrastructures du canton du Jura

Monsieur Mertenat, vous êtes le président de la Commission cantonale de suivi du laboratoire souterrain du Mont Terri. Qu'est-ce que vous surveillez exactement ?
Le canton du Jura, comme propriétaire du site, délivre des autorisations annuelles pour permettre les activités de recherches dans le laboratoire. La commission de suivi a pour mission d'assurer la surveillance et accorde le soutien nécessaire à swisstopo, gestionnaire du laboratoire, afin de garantir le bon fonctionnement du laboratoire sous l'angle de la sécurité en particulier. En effet, la sécurité des utilisateurs, des nombreux visiteurs et des usagers du tunnel autoroutier situés juste à côté du laboratoire doit impérativement être garantie en tout temps. C'est pourquoi la commission de suivi est également composée d'un représentant de l'Office fédéral des routes ainsi que d'experts indépendants.

De nombreux jurassiens ne savent pas qu'il existe un laboratoire souterrain dans leur canton. La grande majorité des visiteurs viennent des cantons suisses-allemands. Selon vous, que faut-il faire pour que le laboratoire du Mont Terri soit mieux connu dans le canton du Jura?
Les activités qui se déroulent dans le laboratoire de recherche du Mont Terri font l'objet assez régulièrement d'informations publiques, de manière coordonnée avec swisstopo. Je pense aux reportages réalisés par les médias régionaux ou aux événements tels que le percement de la nouvelle galerie. De plus des informations sont disponibles par le biais du site internet du service des infrastructures. Une information supplémentaire ciblée permettrait évidemment de toucher plus de Jurassiens, mais j'ai le sentiment que de nombreux groupes en provenance de notre région visitent chaque année le laboratoire. A mon avis il est aussi important que des visiteurs de l'extérieur viennent s'informer, car il s'agit d'une problématique nationale.

Le trafic dans le tunnel autoroutier du Mont Terri a énormément augmenté ces dernières années. Y aura-t-il bientôt un 2ème tube ? Et si oui, l'accès au laboratoire du Mont Terri est-il toujours garanti ?
D'après les comptages réalisés par l'Office fédéral des routes, le trafic qui transite dans les tunnels sous les Rangiers entre Delémont et Porrentruy est bientôt aussi important que celui qui traverse le tunnel du Gothard. Avec ce volume de trafic et pour l'instant, la Confédération, propriétaire du réseau des routes nationales, n'envisage pas la construction d'un 2ème tube. En cas de réalisation du 2ème tube, la question de l'accès au laboratoire devra être réglée, puisque la galerie de sécurité du tunnel du Mont Terri qui sert actuellement d'accès ne sera plus utilisable. J'imagine qu'un nouvel accès indépendant devrait être projeté. A mon avis, ce ne sera pas avant quelques années.

Avec l'agrandissement du laboratoire souterrain, il y a maintenant plus de 1 km de tunnels et de passages dans les argiles à Opalinus. Un tel volume est prédestiné à un dépôt en couches géologiques profondes. Serait-ce même possible dans le canton du Jura ?
Non. Le stockage intermédiaire ou définitif de déchets radioactifs à Saint-Ursanne est strictement interdit ! La convention passée entre la Confédération et le canton du Jura prévoit clairement qu'il n'y aura jamais de déchets dans ces galeries et que le laboratoire est exclusivement dédié à la recherche.

Comment voyez-vous l'avenir du laboratoire souterrain du Mont Terri ? A votre avis, que faut-il rechercher d'autre ?
Le laboratoire du Mont Terri est facilement accessible depuis l'extérieur, ce qui permet d'attirer de nombreux chercheurs venus d'Europe et d'ailleurs. Dès son ouverture en 1996, le laboratoire du Mont Terri a été voué essentiellement à la recherche sur l'entreposage de déchets radioactifs. Mais il intéresse également d'autres chercheurs dans divers domaines d'actualité tels que le stockage du CO_2 ou la sismologie.

Last Minute géologie-news

Occasion unique : Les feuilles de l'Atlas géologique de la Suisse à des conditions avantageuses
Désirez-vous approfondir vos connaissances géologiques de votre région ? Un grand choix de cartes de l'Atlas géologique de la Suisse 1 : 25 000 est actuellement en vente au Shop de swisstopo au prix réduit de CHF 10.– au lieu de CHF 50.– . L'offre est valable jusqu'au 20 décembre 2019 (→ www.swisstopo.ch/shop).

Save the Date: 4. Gurtensymposium
Le 4 novembre 2020 se déroulera le 4ème Symposium du Gurten à Berne sur le thème de la géothermie. CHGEOL, Géothermie-Suisse, l'Académie suisse des sciences naturelles SCNAT et le Service géologique national collaboreront pour présenter la problématique : où se positionne la géothermie dans la politique énergétique ?

Informations
Office fédéral de topographie swisstopo
Service géologique national
Seftigenstrasse 264
CH-3084 Wabern
Tél. : +41 58 469 05 68
infogeol@swisstopo.ch
www.swisstopo.ch

géologie-news
s'abonner
se desabonner