

géologie-news



Olivier Lateltin

Editorial

Chère lectrice, cher lecteur,
Vous recevez «géologie-news», le nouveau bulletin du Service géologique national de swisstopo. Il est publié en français et en allemand deux à trois fois par an pour vous informer sur les actualités du Service géologique national et de la scène géologique en Suisse. Nous sommes certains que ce bulletin retiendra toute votre attention.

Les autorités fédérales, cantonales et communales trouveront des informations pertinentes sur le sous-sol et la gestion des géoressources. Les spécialistes et les bureaux privés accéderont aux nouveautés sur les données géologiques pour l'entreposage des déchets, pour l'exploitation des matières premières, pour la planification d'in-

frastructures souterraines ou encore pour les projets de géothermie. Les nouveaux projets et collaborations du Service géologique national intéresseront certainement les chercheurs en géosciences.

Chaque bulletin approfondira un thème actuel et sera complété par les informations récentes du Service géologique national. Pour ce premier numéro, nous vous présentons GeoQuat, notre nouveau système d'information sur les roches meubles quaternaires en Suisse.

Nous espérons ainsi vous tenir au courant de nos activités et nous nous réjouissons de vos commentaires, questions et propositions d'amélioration (données de contact à la fin du bulletin).

Nous vous souhaitons beaucoup de plaisir à la lecture de ce nouveau bulletin «géologie-news».

Olivier Lateltin, Responsable du Service géologique national

swisstopo
savoir où

GeoQuat

Système d'information sur les roches meubles quaternaires en Suisse

Contexte général

Une partie importante du sous-sol peu profond du territoire suisse se compose de dépôts quaternaires (Fig. 1). Environ 90% des ressources du sous-sol sont concentrées dans ces couches. En effet, celles-ci contiennent la moitié des réserves d'eau potable et d'importants gisements de matières premières (gravières et sables). Ce sont également ces dépôts qui peuvent être exploités pour la géothermie peu profonde et une grande partie des ouvrages de construction (fondations) et des voies de communication y est concentrée. Enfin, les dommages causés par les tremblements de terre sur les infrastructures existantes du sous-sol sont largement influencés par la structure de ces roches meubles.

En raison des multiples exigences de l'exploitation des couches quaternaires, les conflits d'utilisation dans le sous-sol peu profond sont inévitables. Les connaissances de leur nature et de leur structure sont donc primordiales pour pouvoir planifier et coordonner au mieux leurs différentes utilisations et répondre aux nombreuses problématiques inhérentes à ces conflits d'utilisation.

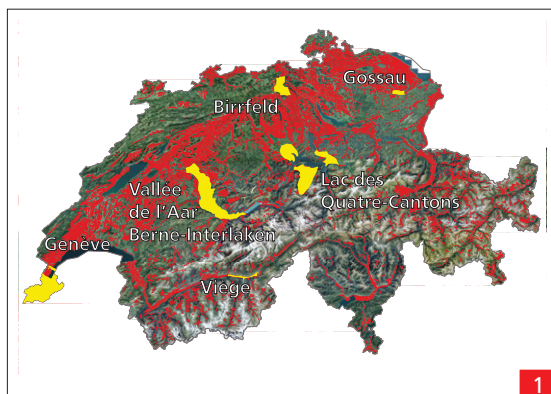
Pour cette raison, swisstopo a initié le projet GeoQuat, établissant pour les prochaines années les bases et les standards pour un système d'information sur les roches meubles quaternaires en Suisse et ceci avec le soutien de plusieurs partenaires – Office fédéral de l'énergie (OFEN), Office fédéral de l'environnement (OFEV), plusieurs cantons, secteur privé, hautes écoles et commissions. Dans le passé, de nombreux projets et études liés au sous-sol ont vu le jour grâce à différents acteurs – Confédération, cantons, communes, universités, commissions et bureaux privés. Jusqu'à aujourd'hui, les directives et recommandations pour l'acquisition et le traitement des données géologiques quaternaires ne sont pas appliquées de façon homogène. Il manque donc des directives pour une gestion standardisée des données, dans laquelle les documents existants, respectivement les types de données, seraient disponibles dans une structure uniforme et utilisables de façon commune. Par conséquent, les données existantes sont très difficilement comparables et leur utilisation pour la modélisation de données spatiales reste restreinte.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de topographie swisstopo
www.swisstopo.ch

Fig. 1
Rouge: Dépôts significatifs des roches meubles quaternaires cartographiés en Suisse (selon la carte géologique de la Suisse 1:500 000). Jaune: Périmètres des six régions-pilotes.



Objectif/déroulement du projet

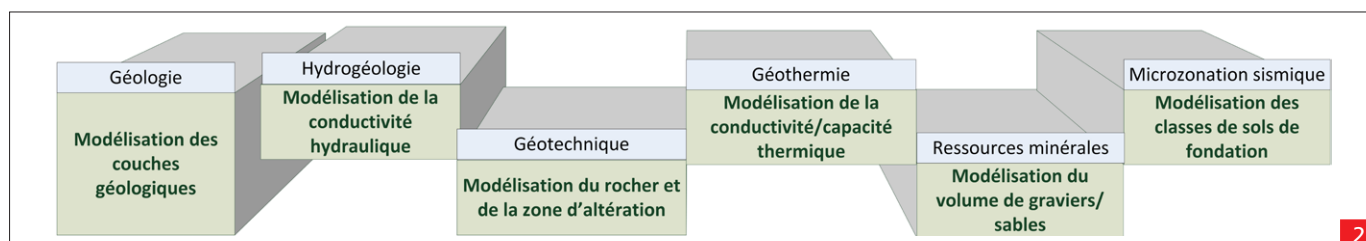
L'objectif principal du projet GeoQuat est le développement et la mise en place d'un système, permettant une saisie et une mise à disposition structurée des données sur les roches meubles quaternaires en Suisse. Au centre de ce système se trouve le modèle de données quaternaires (QLG) (Fig. 2), couvrant les exigences des différentes exploitations des roches meubles quaternaires. Afin de tester de façon concrète le système de données, six régions-pilotes ont été définies (Fig. 1), dans lesquelles les données disponibles sur le Quaternaire ont été saisies et classifiées. Grâce à ces données unifiées, l'objectif est d'établir ainsi des modèles géologiques 3D de ces six régions-pilotes.

En plus de ceux-ci, différents modèles de propriétés (modèles paramétriques) seront générés, afin de répondre aux différentes problématiques spécifiques régionales (Fig. 2). Ceci est déjà mis en œuvre pour certaines régions pilotes. Vous trouverez les informations sur les données quaternaires disponibles et la modélisation 3D dans l'exemple de la région-pilote de Birrfeld (pages 3 à 5).

Modèle de données quaternaires (QLG)

Afin de structurer et de gérer les données hétérogènes quaternaires disponibles, un modèle de données quaternaires (QLG) est mis en place dans le projet GeoQuat. Ce modèle est actuellement développé dans le cadre de la base de données nationale «forage», réalisée par swisstopo et appliquée au moyen du logiciel «GeODin» de la société Fugro.

Fig. 2
Modèles 3D répondant aux problématiques spécifiques régionales, prévus pour les différentes régions pilotes.



Le modèle de données quaternaires est structuré comme suit (Fig. 3):

- Les trois principaux types de données comprennent les sondages, les profils géologiques et les mesures géophysiques, constituées des données sismiques, gravimétriques, électromagnétiques, géoélectriques, ainsi que du géoradar.
- Les sondages, classés selon leur type (forages, sondages pénétrométriques et fouilles), sont primordiaux pour l'élaboration des modèles 2D et 3D. Considérant l'importance de l'information géologique, les couches lithologiques constituent l'élément principal. En effet, en plus de la description originale de la couche, une codification des caractéristiques lithologiques (p. ex. plasticité, compaction, teneur en eau) a été élaborée. Grâce à ce modèle, il est possible de procéder à différentes interprétations lithologiques, s'approchant au mieux des normes suisses (SIA-SN) et européennes (ISO) en vigueur.
 - La classification USCS («unified soil classification system») et les groupes de sols (EN ISO 14688.2) sont pris en considération et élargis afin de pouvoir caractériser toutes les roches meubles en Suisse.
 - Le code Litho-K permettant de déterminer la perméabilité en fonction de la description lithologique est également intégré au modèle.
 - Une classification des matières premières minérales est également développée, afin d'estimer la qualité et les volumes de géoressources contenus dans le sous-sol.
- Grâce à la table des «paramètres calculés», il est possible d'extrapoler ces différentes codifications géologiques en valeurs quantifiables (p. ex. conductivité hydraulique) et de procéder à des modélisations paramétriques.
- D'autres données importantes, issues de mesures, d'analyses et de tests sont également intégrées au modèle. Deux cas de figures sont pris en considération:
 - Mesures in situ: essais de pompage, essais pénétrométriques.
 - Analyses en laboratoire: analyses de taille des grains, essais scissométriques.

Les résultats issus de cette table constituent une bonne base pour la caractérisation des dépôts quaternaires et pour l'élaboration de modèles 3D.

Fig. 3
Structure du modèle de données quaternaires.

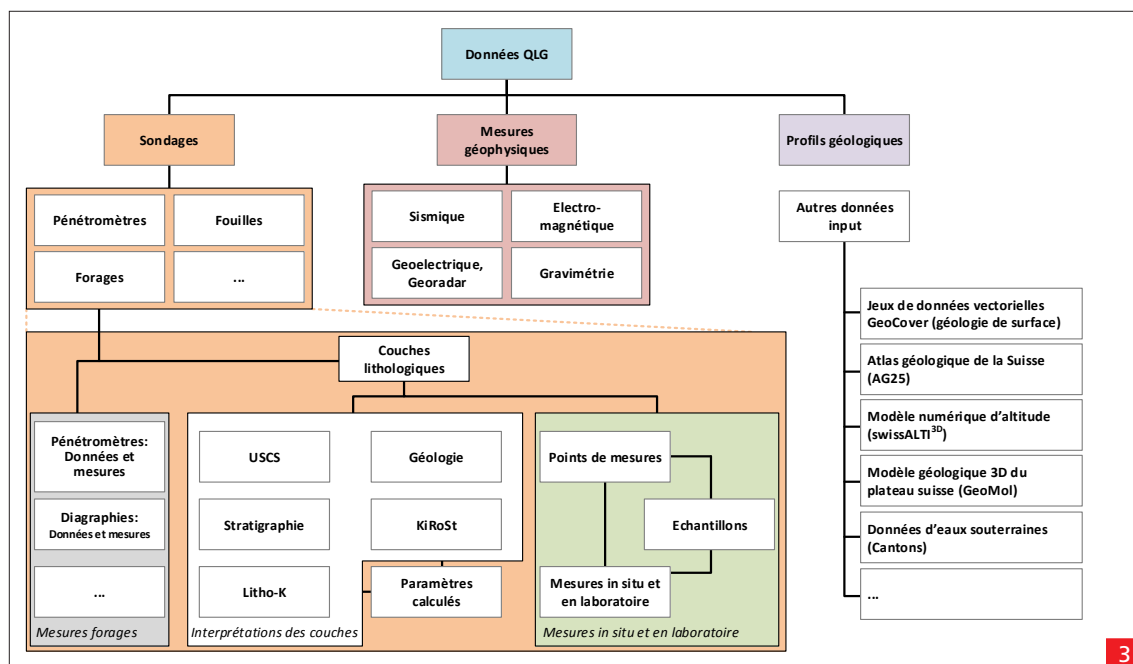
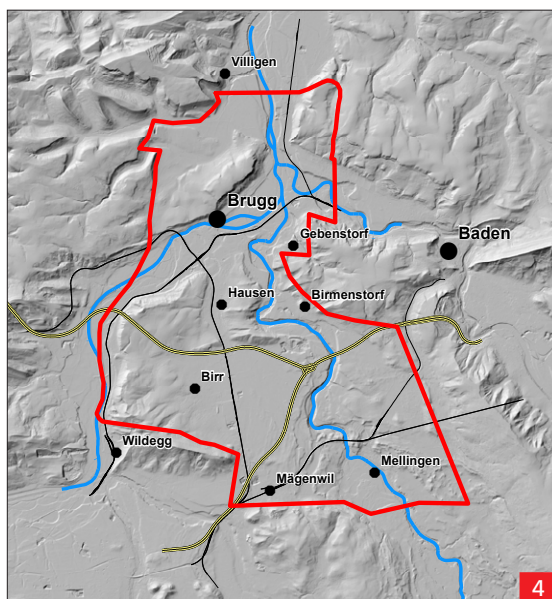


Fig. 4
Région-pilote de Birrfeld. Noir = périmètre de saisie des données.



Région-pilote de Birrfeld (AG) – données QLG à disposition et modélisation géologique 3D

A ce jour, environ 7000 forages (80 000 couches) ont été saisis dans le cadre du projet GeoQuat, selon le modèle de données QLG. Près de 1600 forages se trouvent dans la région pilote de Birrfeld (AG). La géologie a été interprétée sur 600 forages, qui ont servis comme base pour la construction du modèle géologique 3D. Douze coupes géologiques, la géologie de surface détaillée (basée sur l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000/GeoCover), le toit du substratum rocheux modélisé (réalisé dans le cadre du projet GeoMol), ainsi que le modèle numérique de terrain swissALTI^{3D} de swisstopo constituent les autres données de base (Fig. 5).

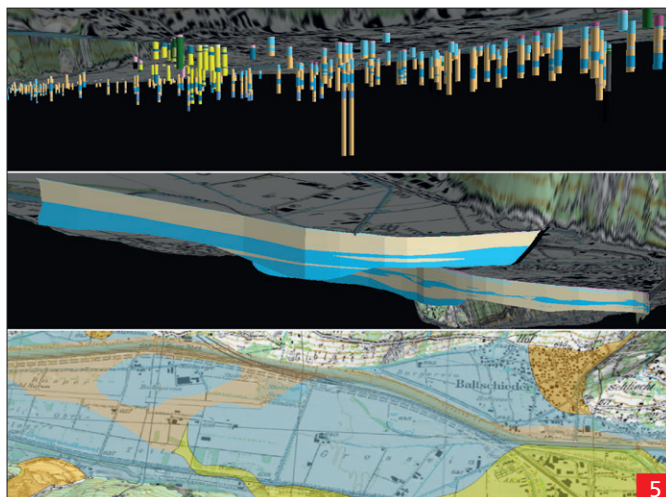


Fig. 5
Données géologiques de base utilisées pour l'établissement d'un modèle géologique 3D.
En haut: forages;
au milieu: coupes géologiques;
en bas: géologie de surface.

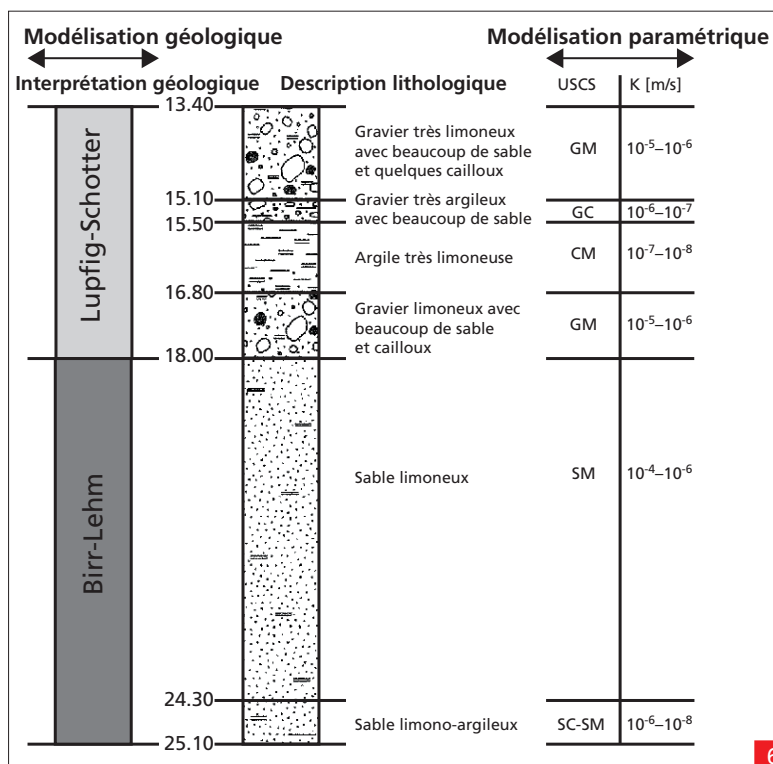


Fig. 6
Classification des couches d'un profil de forage. À gauche: interprétation géologique; à droite: classification USCS avec fourchettes de conductivité hydraulique.

Fig. 7
Modèle géologique de Birrfeld. Exagération verticale: 5x; représentation selon une grille régulière de profils.

Afin de générer un modèle géologique 3D, une harmonisation de toutes les données géologiques significatives doit être effectuée, selon une légende stratigraphique de référence. La partie de gauche de la figure 6 illustre l'interprétation géologique des couches lithologiques rencontrées dans un forage. Les propriétés hydrogéologiques ou géothermiques des couches peuvent également être modélisées en 3D par le biais de la modélisation paramétrique. Par exemple, la partie droite de la figure 6 montre la classification USCS des couches permettant d'assigner des valeurs de conductivité hydraulique. Ces valeurs sont les données de base pour modéliser en 3D la distribution de la conductivité hydraulique. Pour la réalisation des modèles 3D, le projet GeoQuat utilise une approche automatisée, géostatistique et basée sur la méthode des voxels. Cette méthode permet de réaliser des volumes composés de cellules individuelles pouvant stocker et représenter différents paramètres.

La décision pour une telle approche se base sur les points suivants:

- **Complexité de la géologie du Quaternaire:** les terrains meubles du Quaternaire présentent des géométries complexes (p.ex. lentilles argileuses), difficiles à reproduire par des approches vectorielles.
- **Mise à jour:** plusieurs centaines de forages peu profonds sont réalisés chaque année en Suisse. Une approche géostatistique automatisée permet de mettre rapidement à jour les modèles 3D.
- **Reproductibilité:** l'utilisation de données géologiques structurées et d'algorithmes géostatistiques assurent la traçabilité et la reproductibilité des modèles 3D.

La figure 7 est le résultat du modèle géologique 3D de Birrfeld, réalisé à partir des données géologiques provenant de la base de données QLG.

La figure 8 montre la même vue mais constitue le modèle paramétrique 3D de conductivité hydraulique, construit à partir des valeurs des couches classifiées selon la codification USCS.

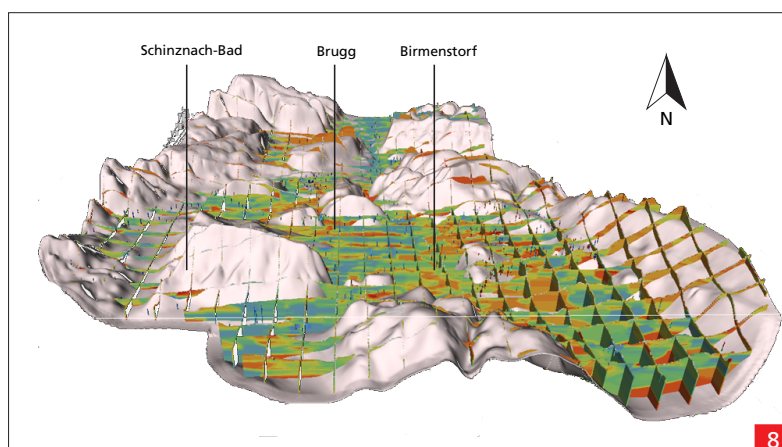
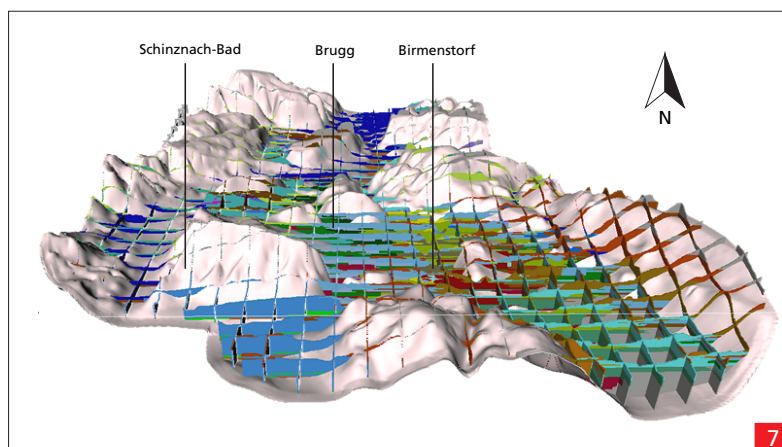


Fig. 8
Modèle 3D de conductivité hydraulique pour Birrfeld. Exagération verticale: 5x; rouge = conductivité hydraulique faible; bleu = conductivité hydraulique élevée.

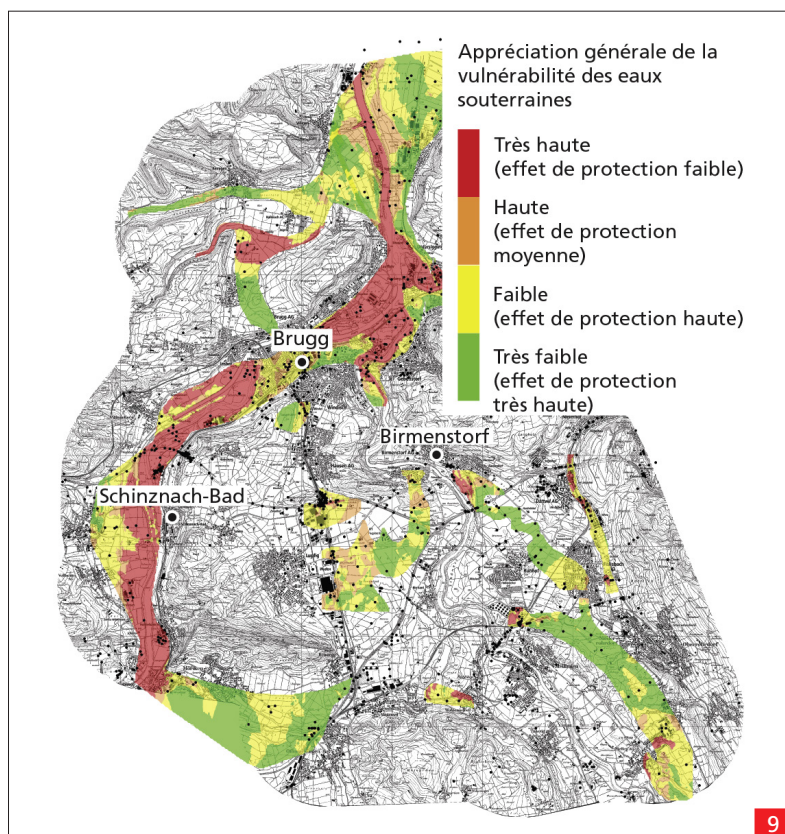


Fig. 9
Carte de la vulnérabilité des réservoirs aquifères aux infiltrations depuis la surface, générée automatiquement à partir du modèle 3D de la conductivité hydraulique en tenant compte du niveau phréatique des nappes d'eaux souterraines. Points en noir = forages utilisés pour le modèle 3D.

La visualisation et l'analyse des données à partir d'un modèle 3D s'avèrent compliquées, notamment dans le cas de modèles de volumes. La réalisation de profils permet souvent une meilleure vue et compréhension des données modélisées. Des produits 2D, telles que des cartes thématiques, peuvent également être élaborés à partir des modèles 3D. La carte de la figure 9 montre la vulnérabilité des eaux souterraines aux infiltrations depuis la surface. Cette carte de vulnérabilité a été calculée à partir du modèle 3D de la conductivité hydraulique en tenant compte du niveau phréatique des nappes d'eaux souterraines. D'autres types de cartes peuvent également être réalisés, telles que les cartes des classes de sol de fondation, des volumes d'eau souterraine ou encore des volumes de graviers et de sables associés à des informations de qualité.

Conclusion

Le projet GeoQuat se terminera en 2018, avec la mise à disposition du modèle de données du Quaternaire, ainsi que la structure et les approches de modélisation. L'expérience acquise pendant la réalisation du projet montre que:

- une quantité importante de données sur la géologie du Quaternaire sont disponibles sous la forme de profils de forages, sections géologiques et jeux de données géophysiques. Toutefois, ces données ne présentent pas de structure uniforme;
- seules des données structurées et harmonisées peuvent être utilisées de façon efficace pour la modélisation spatiale et la réalisation des modèles géologiques 3D du Quaternaire;
- la classification structurée et l'interprétation des données géologiques intégrant le savoir-faire des géologues locaux permettent la création de bases de données fiables pour la modélisation 3D et les produits dérivés;
- les approches géostatistiques sont préférables aux approches vectorielles pour la modélisation des terrains meubles du Quaternaire, en raison de leur hétérogénéité. Les approches géostatistiques permettent aussi de mettre à jour rapidement les modèles et assurent la traçabilité des résultats;
- le modèle géologique de base ainsi que les modèles de propriétés (paramétriques) sont complémentaires et réalisables à partir des mêmes données. Divers champs d'application sont donc envisageables.

Selon les premières réactions de nos partenaires, les données quaternaires structurées et harmonisées ainsi que les modèles géologiques et paramétriques en 3D seront une vraie valeur ajoutée dans le futur pour tous les groupes concernés.

Perspectives

A l'avenir, swisstopo continuera à faire en sorte que:

- les données sur la géologie du Quaternaire soient saisies, classifiées et interprétées de façon structurée et conformément au modèle de données existant, afin d'éviter des corrections et adaptations coûteuses;
- d'autres modèles géologiques et paramétriques pourront être réalisés de l'échelle locale à régionale, grâce à la modélisation et l'analyse spatiale des données QLG structurés et interprétés de façon unique;
- les cantons et les entreprises reconnaissent l'avantage et la plus-value engendrés par la réalisation de bases de données structurées et de modèles 3D, ainsi que de leurs produits dérivés.

Participez!

Depuis des années, la saisie de données géologiques et leur évaluation scientifique font partie des devoirs du Service géologique national. Ceci étant, swisstopo garantit une expérience inestimable dans l'élaboration de standards et le développement de méthodes de saisie, d'analyse et de visualisation de données. Ces connaissances permettent à swisstopo d'être un partenaire compétent pour répondre à des enjeux au niveau régional et national. Ce savoir est désormais à votre disposition.

Nous avons besoin de votre collaboration, que vous utilisiez nos données QLG en tant que représentant d'une autorité ou d'une société privée, que vous soyez chercheur ou enseignant. Nous sommes particulièrement intéressés à connaître vos exigences et vos besoins en rapport au développement de standards et vos systèmes de gestion et d'analyse des données QLG, à l'échelle locale ou régionale.

Nous vous saurions gré de transmettre vos questions, commentaires ou suggestions directement à l'équipe de projet GeoQuat (cf. adresse de contact ci-dessous), afin que les produits développés grâce à votre collaboration couvrent les plus larges champs d'application possibles.

Le projet est soutenu par:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de topographie swisstopo



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV



suisse énergie
Notre engagement: notre futur.

Informations

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

Fact Sheet GeoQuat

Durée du projet

- 4 ans (juillet 2014 – juin 2018)

Partenaires

- OFEV
- OFEN
- Cantons AG, BE, GE, NW, OW, SG, SZ, UR, VS, ZG
- Hautes écoles (UNIBE, ETHZ)
- Commissions (SGPK, SGTK)
- Privé (NAGRA, Holcim, bureaux privés géologiques etc.)

Régions-pilotes choisies

- Région de Birrfeld
- Région de Genève
- Région de Gossau
- Haute vallée de l'Aar (Bern – Interlaken)
- Région du lac des Quatre-Cantons
- Région de Visp (Brig – Gampel)

Contact

- Stefan Volken, responsable de projet GeoQuat,
Tél. 058 469 05 25, stefan.volken@swisstopo.ch

Last Minute geologie-news

Elle vient d'arriver, notre brochure «Le Service géologique national – la compétence en matière de sous-sol»!

Quelle est la quantité de chaleur stockée dans le sous-sol? Comment la Suisse peut-elle assurer son approvisionnement en matières premières minérales? Le Service géologique national a les réponses à ces questions. Que ce soit pour l'utilisation de l'énergie géothermique, pour l'extraction de matières premières ou pour la planification de mesures de protection contre les dangers naturels: le Service géologique national rassemble, analyse et stocke des données géologiques, établit des cartes géologiques et mène des recherches en vue d'une connaissance approfondie du sous-sol. La nouvelle brochure présente un aperçu des activités du Service géologique national et apporte des réponses à diverses questions relatives à la géologie. Disponible sous infoeol@swisstopo.ch ou sous forme digitale sur www.swisstopo.ch.

Les écoliers apprennent à lire des cartes et à cultiver des cristaux

Deux nouveaux outils didactiques de l'Office fédéral de topographie swisstopo permettent d'aborder de manière

simple la lecture des cartes et les roches suisses. Les leçons et les fiches de travail s'adressent aux enseignants des degrés primaire et secondaire I. 27 fiches explicatives avec des exercices et des réponses amènent les élèves du niveau primaire supérieur et du secondaire I (élèves de 10–15 ans) dans le monde de la formation des montagnes et de l'histoire des roches.

De nouvelles expériences au laboratoire souterrain du Mont Terri dès 2019

Le laboratoire souterrain du Mont Terri à St-Ursanne, actif dans la recherche relative au dépôt de déchets radioactifs et à la séquestration de CO₂ en couches géologiques profondes, doit s'agrandir. Depuis sa création en 1996, environ 150 expériences ont déjà été mises en œuvre dans ce laboratoire de recherches. La place manque désormais pour continuer les investigations. Différentes questions technico-scientifiques sont encore en suspens avant de pouvoir penser à un dépôt des déchets hautement radioactifs en couches profondes agendé pour 2060. L'Office fédéral de topographie swisstopo qui exploite ce site a décidé de développer le laboratoire souterrain du Mont Terri. Le canton du Jura, concerné au premier chef, a délivré les autorisations nécessaires en décembre 2016 déjà.