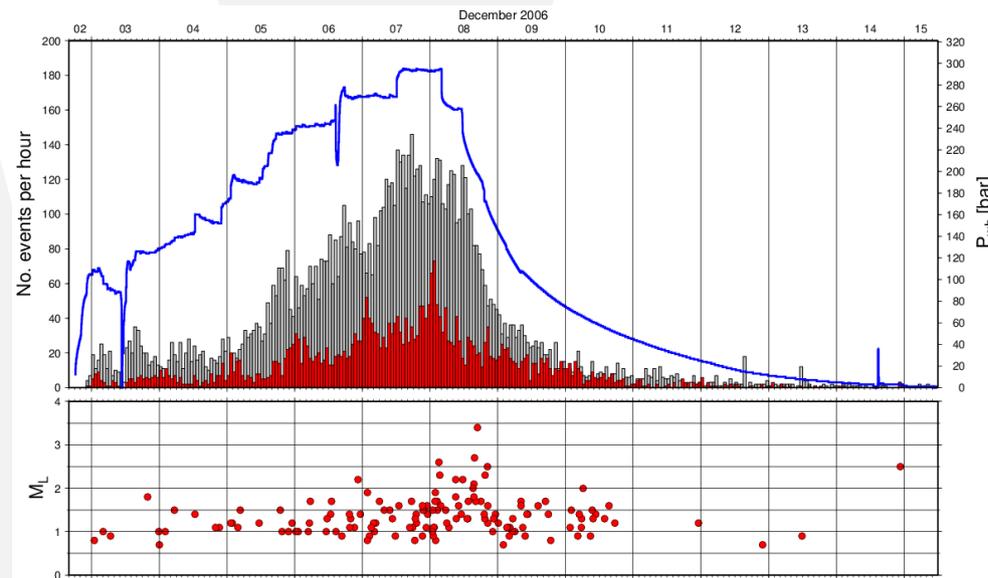


Introduction à GEOBEST2020+

Toni Kraft, Verónica Antunes, Philippe Roth, Michèle Marti

Service Sismologique Suisse à l'ETH Zurich

geobest@sed.ethz.ch



GEOBEST2020+

Objectifs et flux de travail

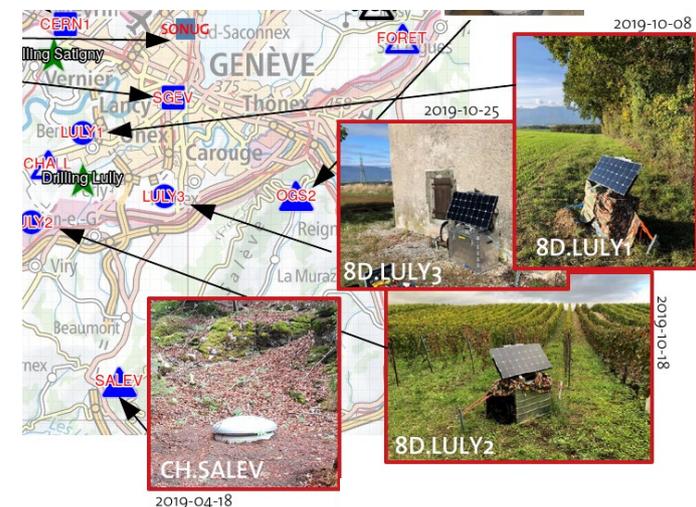
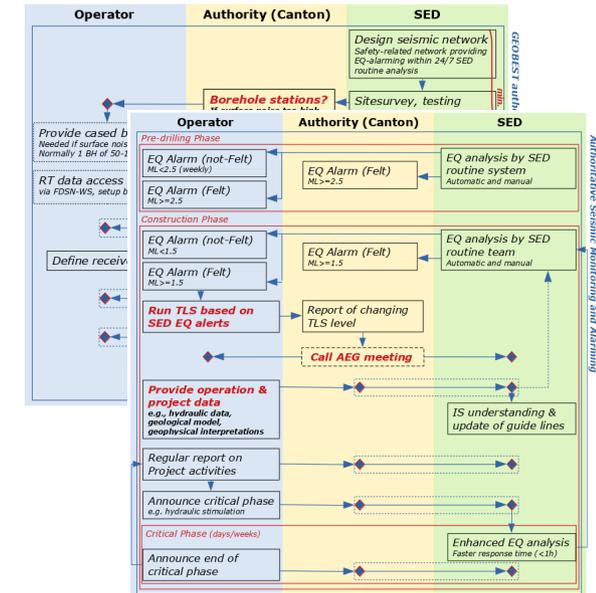
Objectifs de GEOBEST2020+

Assistance sismologique aux autorités cantonales

- Aide par le SED pour la définition d'éventuelles évaluations de l'aléa et du risque sismiques (le SED ne les effectue pas lui-même pour rester indépendant)
- Fourniture d'informations sur la sismicité naturelle
- Conseils sur la surveillance sismique
- Évaluation sismologique des rapports d'experts

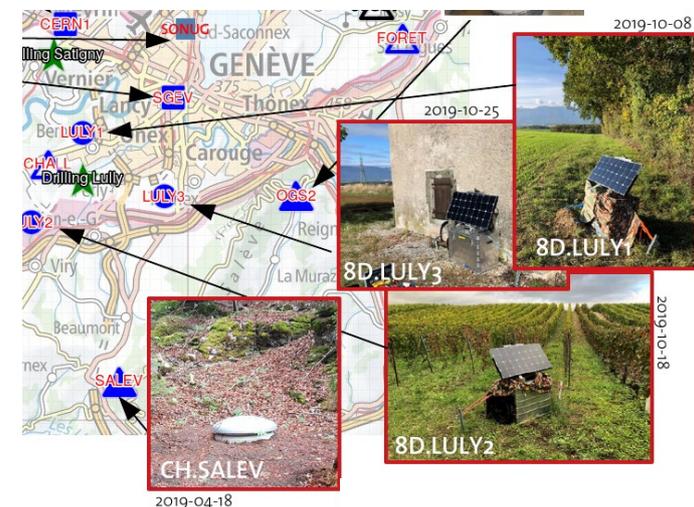
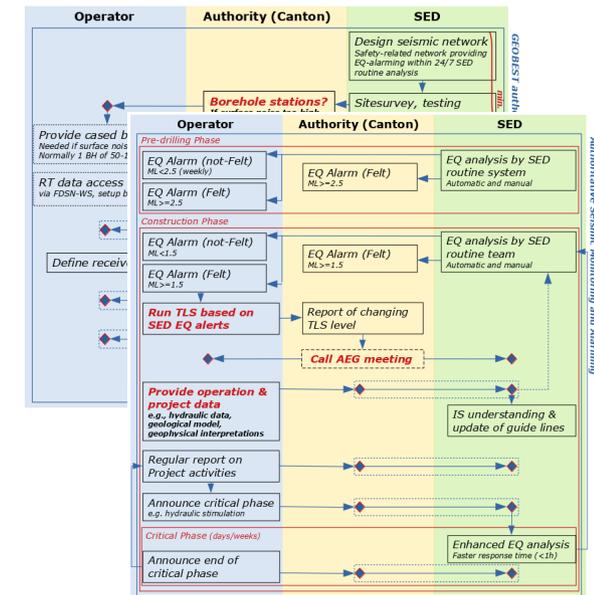
Surveillance sismique/alerte pour les autorités cantonales

- Le mandat du SED
 - Surveillance des tremblements de terre naturels en Suisse et régions limitrophes
- Il est souvent judicieux de faire intervenir le SED
 - un service spécialisé indépendant et reconnu
 - une compétence exhaustive, recherche sur la sismicité induite
 - une infrastructure existante pour l'alerte en temps réel
- Pool d'instruments GEOBEST avec 21 stations sismiques
- Possibilité de suivre actuellement de 2 à 4 projets en parallèle



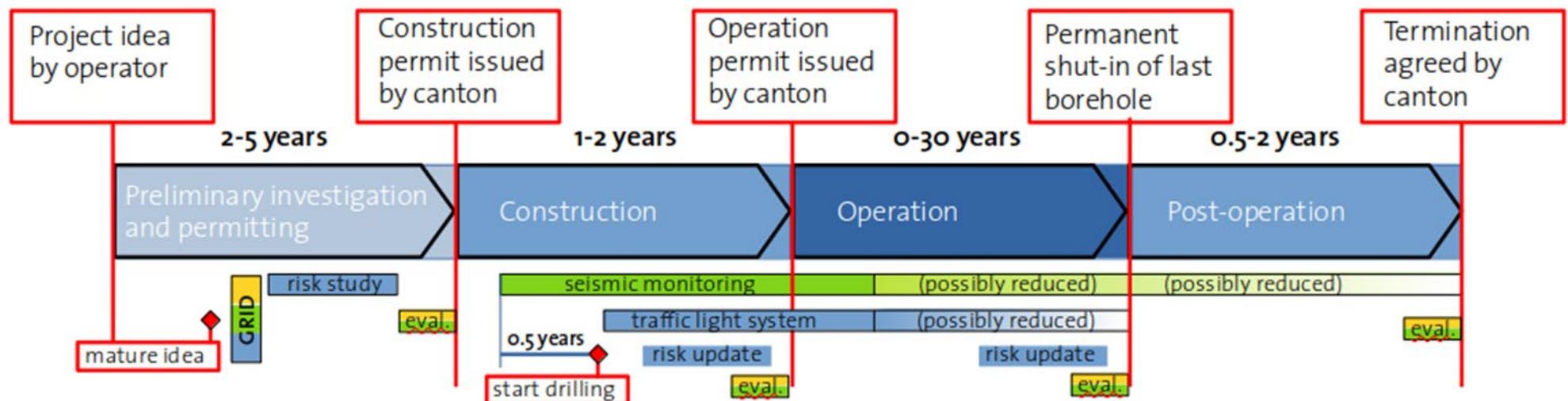
Structure de GEOBEST2020+

- GEOBEST2020+ est financé à 60 % par le programme SuisseEnergie de l'OFEN.
- Au cours des deux prochaines années (01/2020 - 12/2021), le projet financera 1,5 sismologues expérimentés et un ensemble de stations de surveillance sismique ainsi que leurs coûts de fonctionnement.
- GEOBEST2020+ peut être prolongé éventuellement jusqu'en mars 2024 ; des discussions sur une mise en œuvre à long terme ont commencé.
- Au cours des dix dernières années, le SED a assisté les autorités et les opérateurs avec GEOBEST, GEOBEST-CH et GEOBEST-CH2.
- Dans la nouvelle phase du projet, l'OFEN et le SED veulent souligner encore plus fortement l'indépendance du SED par rapport aux opérateurs de projets et ses liens avec les autorités cantonales.
- Dans le cadre de GEOBEST2020+, le SED ne conclura donc plus de contrats de service avec les opérateurs de projets, mais travaillera directement avec les autorités cantonales.



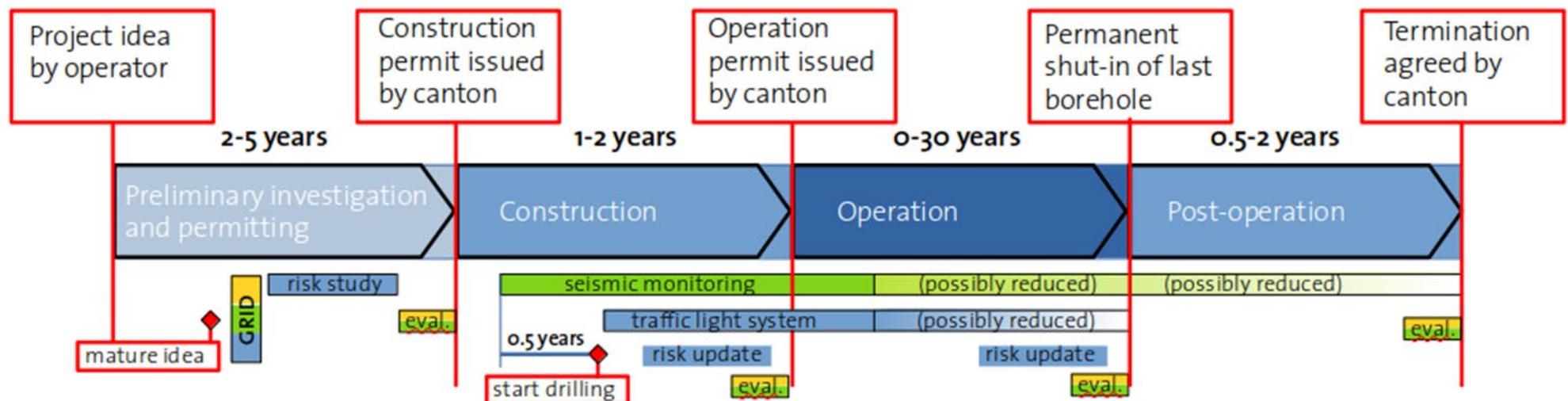
Flux de travail GEOBEST2020+

- **Objectif:** Coordination de la coopération et de la communication des principaux acteurs des projets de géothermie profonde : **autorités cantonales**, **opérateurs de projets** et **SED**
- Le SED peut aider les cantons à élaborer pour les autorisations des spécifications générales qui tiennent compte du problème des tremblements de terre induits.
- Recommandation de suivre le guide de « bonnes pratiques » (Kraft et al., 2020).
- Évaluation GRID par tous les acteurs principaux du projet de géothermie profonde envisagé.



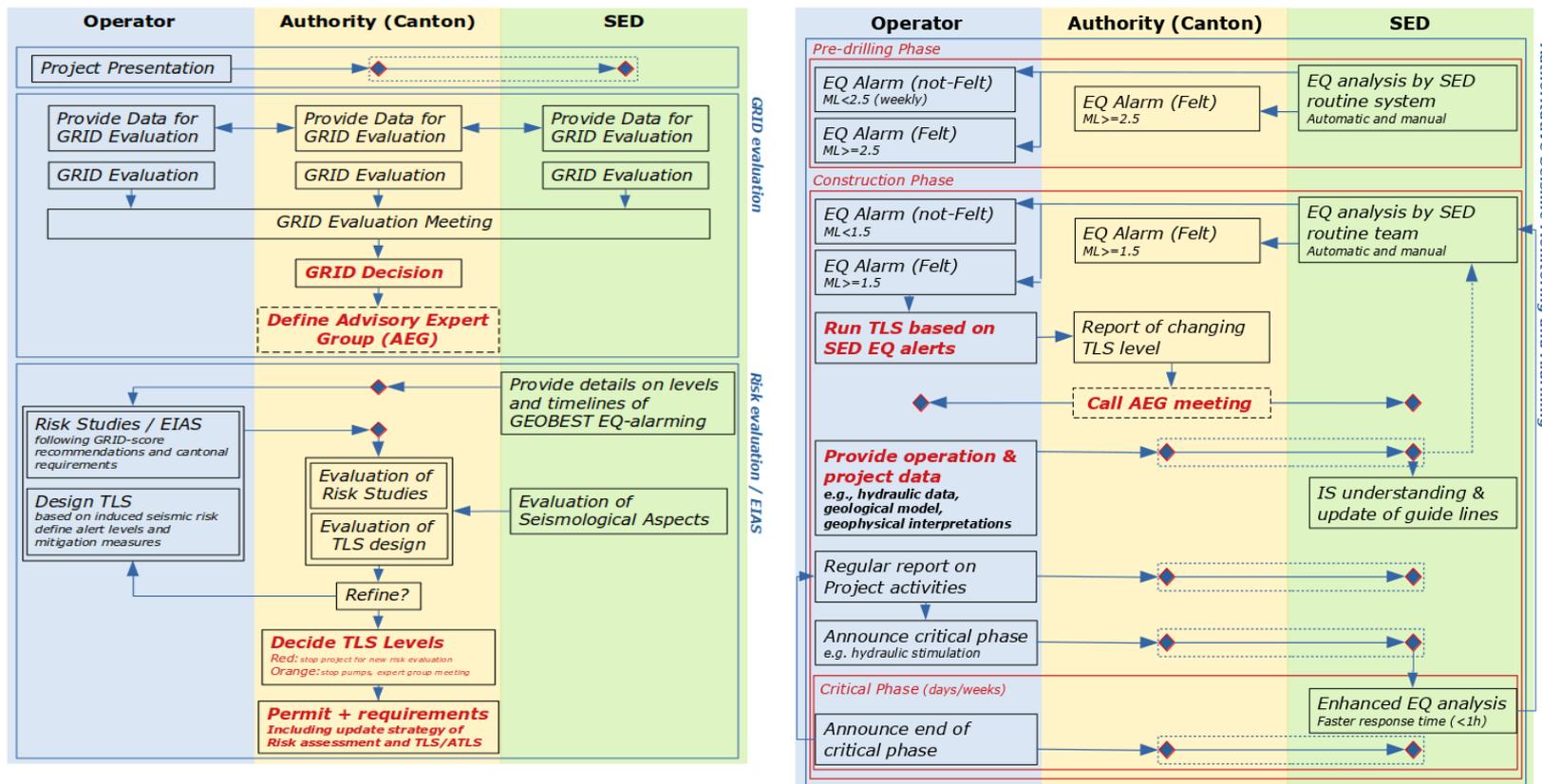
Flux de travail GEOBEST2020+

- Surveillance sismique de base: surveillance sismique indépendante de l'opérateur et obtention de magnitudes et de localisations fiables pour tous les séismes proches.
- Le porteur de projet doit exploiter de manière indépendante un système de feux de signalisation qui est évalué par le canton et le SED. Données d'entrée dans le système de feux de circulation : annonces des alertes de tremblements de terre du SED et paramètres de fonctionnement du projet.
- Le risque doit être réévalué à chaque étape du projet afin d'intégrer les nouvelles connaissances ainsi que des données et des expériences améliorées.



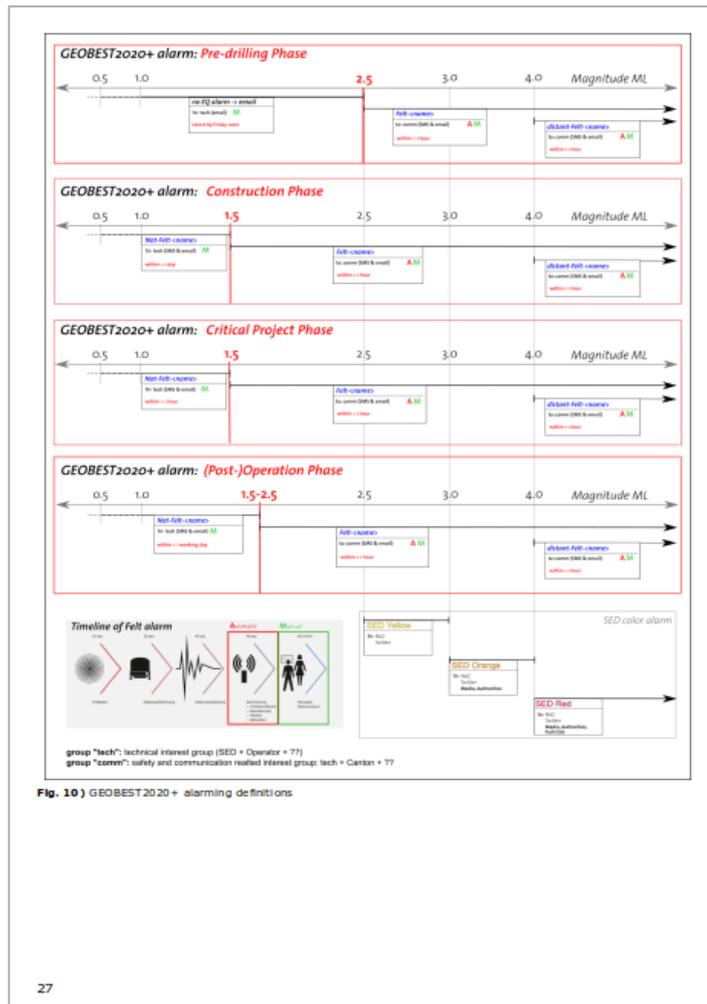
Flux de travail GEOBEST2020+

- Flux de travail GEOBEST2020+ pour toutes les phases des projets hydrothermaux (Kraft et al., 2021) développé en étroite collaboration avec le canton de Vaud (Sandrine Ortet).
- Le flux de travail devrait être globalement identique dans toute la Suisse, mais peut être adapté à la situation spécifique du canton.
- Il s'agit d'une mise en œuvre pratique du guide de « bonnes pratiques » (Kraft et al., 2020).
- Groupe d'experts d'accompagnement composé de représentants des principaux acteurs pour tous les projets.



Flux de travail GEOBEST2020+

- Le flux de travail GEOBEST2020+ contient également des détails sur les alertes GEOBEST et des recommandations pour la conception d'un système de feux de signalisation.
- Il est traduit dans les langues officielles suisses (I, F, D) et publié sur le site Internet du SED et sur <https://www.research-collection.ethz.ch>.



B Basic design recommendations for the Traffic Light System

Traffic Light Systems (TLS) are commonly aiming to reduce the induced seismic hazard to mitigate the associated seismic risk by modifying the operation activities of a geothermal project as soon as suspicious changes in close-by seismicity or operation parameters are observed. A purely seismic TLS was first proposed by Bommer et al., (2006) for the Berlin geothermal project in El Salvador. The approach has then been adopted in several other geothermal projects (e.g., Diehl et al. 2017; Haring et al., 2008; Ader et al., 2019). In Bommer-type systems, TLS-color-level thresholds are usually static and defined primarily based on expert judgment (e.g., Wiemer et al., 2017). An up-coming alternative are the so-called Adaptive Traffic Light Systems (ATLS). They have the benefit of being forward-looking, probabilistic in their forecasts, and adaptive, in the sense that the forecast seismicity and resulting hazard are updated continuously. However, ATLS are model-dependent, and they require sufficient local data (seismic and hydraulic) to be implemented. Although ATLS are still under development, they already proved to be efficient at mitigating risk during some geothermal operations (e.g., Broccardo et al., 2017; Gischig et al., 2014; Mignan et al., 2017).

B.1 Typical TLS-color levels

TLS and ATLS provide several **TLS-color levels** that are based on the observed seismicity, ground motion, or predicted earthquake occurrence probabilities (in the case of ATLS), and the operation parameters of ongoing activities at the geothermal site. TLS-color-alert levels then imply specific predefined mitigation measures for the ongoing activity at the geothermal site:

- **TLS-Green:** (recommended)
Seismicity and operation parameters are well in the acceptable, expected range. Regular operation can go on.
- **TLS-Yellow:** (optional)
Minor unexpected change in seismicity, occurrence probability, or operation parameters. Operations can go on but may have to be modified. The Operator is at a higher alert level and is prepared to respond quickly to further changes in the system. Alert level should only last for a short period (hours) until the predefined criteria for reducing the alert level are met.
- **TLS-Orange:** (mandatory)
Moderate unexpected change in seismicity, occurrence probability, or operation parameters. Operation typically has to stop for a longer period (hours to days) until the predefined criteria for reducing the alert level are met.
- **TLS-Red:** (mandatory)
Significant unexpected change in seismicity, occurrence probability, or operation parameters. Operations typically have to stop for an extended period (weeks to months). A detailed analysis of the unexpected seismicity and an update of the risk study may be mandatory. Then, the Canton, probability based on recommendations from the AEG, defines the criteria for reducing the alert level.
- **TLS-Distant-Orange:** (recommended)
A larger earthquake occurs outside but close to the alarming perimeter. Operation may have to be stopped (see B.2.3/p.29). The Operator is at a higher alert level and is prepared to respond quickly to further changes in the system. Alert level may last for a longer period (days) until the predefined criteria for reducing the alert level are met.

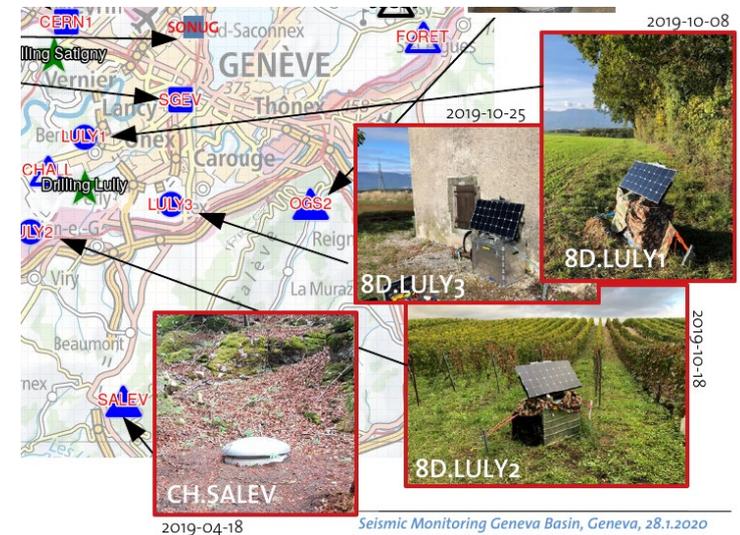
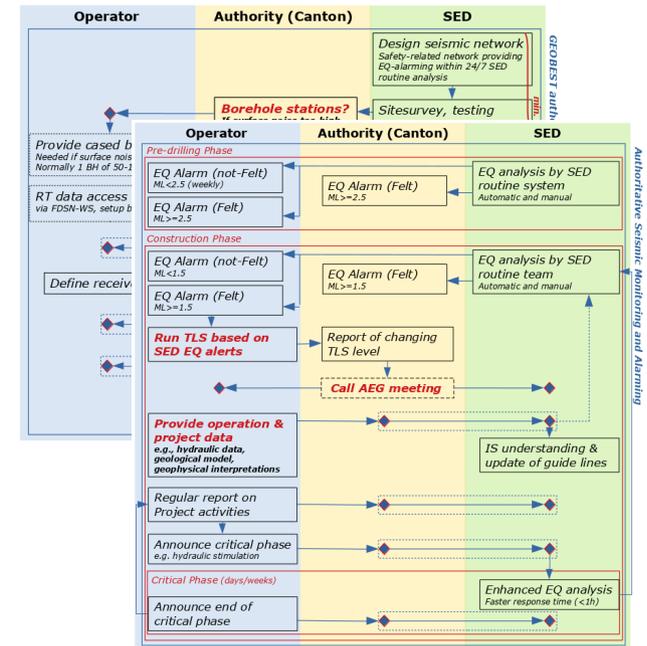
Services GEOBEST20+ pour les cantons

Avant le début du projet

- Assistance à la définition d'exigences tenant compte de la sismicité induite pour les autorisations.
- Consultation sur la sismicité naturelle sur les sites de projets potentiels. Fourniture de ces données pour les études de risque par l'exploitant.

Dès la phase de planification d'un projet

- Participation à l'évaluation GRID du projet
- Participation à un groupe d'experts d'accompagnement
- Évaluation des aspects sismologiques des demandes d'autorisation et des rapports de l'exploitant



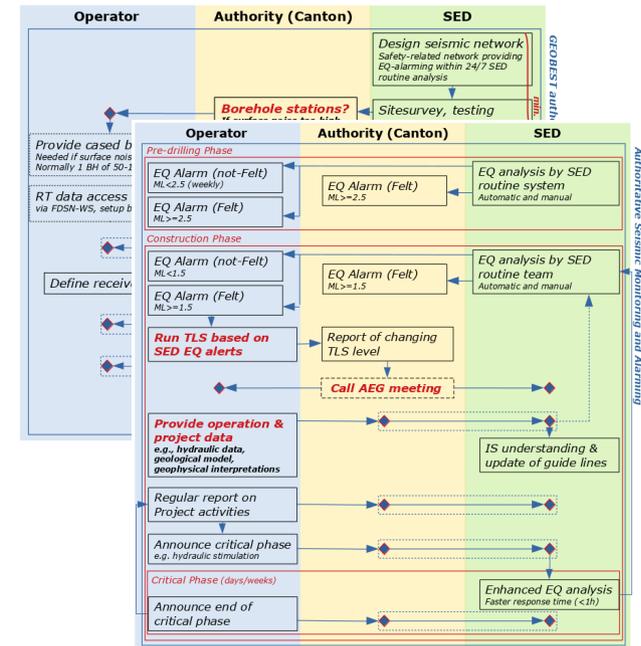
Services GEOBEST20+ pour les cantons

Dès la phase de construction et d'exploitation d'un projet

- Surveillance sismique du projet
- Alertes sismiques pour le canton et l'opérateur
- Site web spécifique au projet avec des informations en temps réel sur la sismicité et des informations générales sur le projet
- Évaluation rapide des éventuels tremblements de terre pour savoir s'ils sont induits ou naturels
- Intensification de la surveillance en cas de problèmes

Dans la phase post-opérationnelle d'un projet

- Réduction de la surveillance au niveau nécessaire

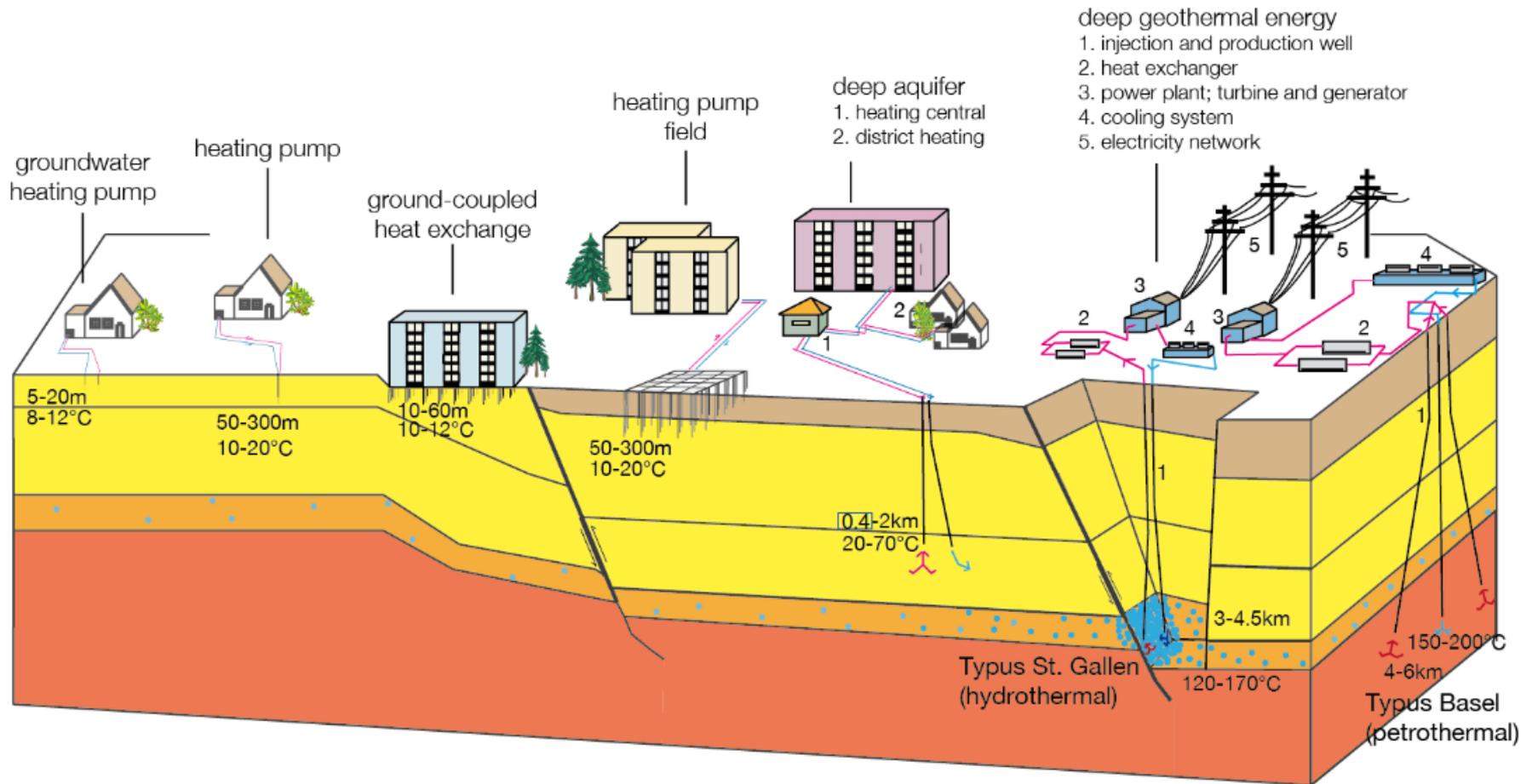


Similaire mais différent ! Classification GRID des projets de géothermie profonde

Tous les projets ne sont pas identiques!

shallow geothermal systems

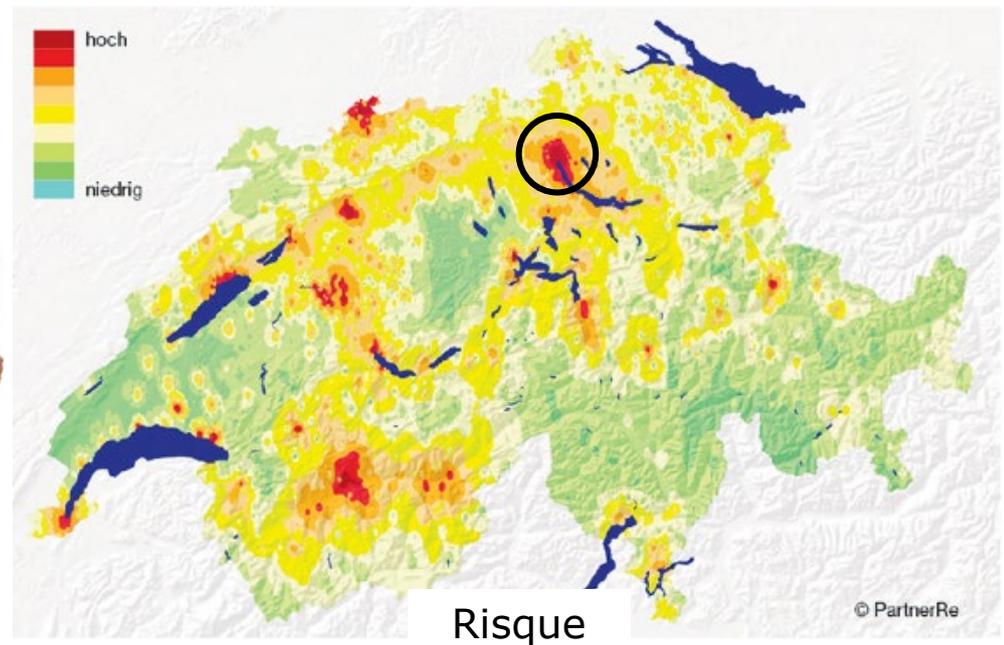
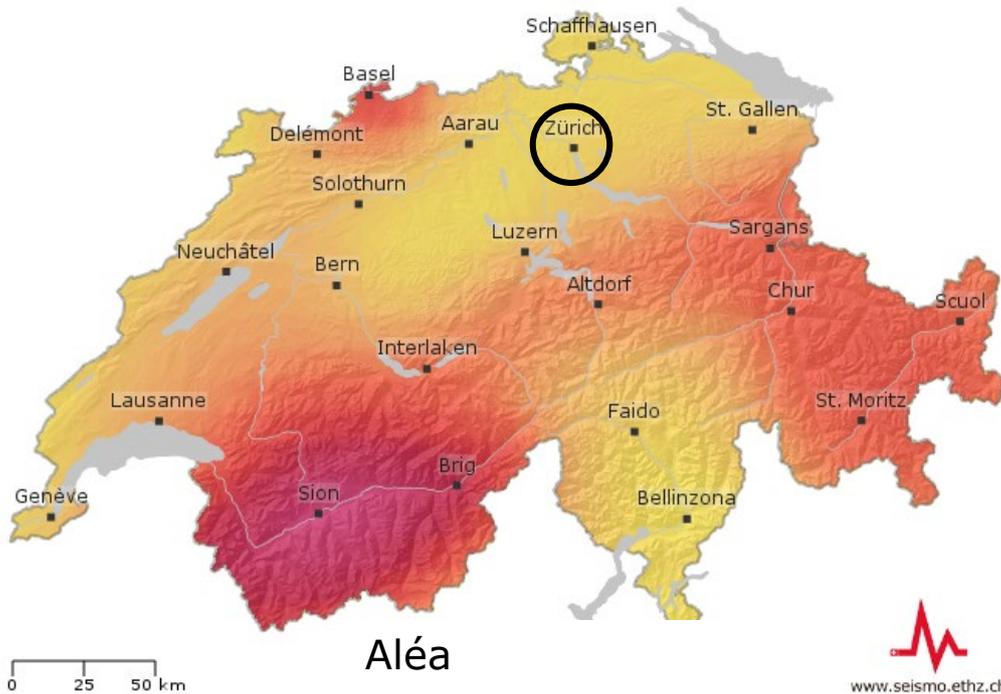
deep geothermal systems



... et aléa ≠ risque !



projets géotechniques + préoccupations sociales



GRID: Geothermal Risk of Induced Seismicity Diagnosis

- Quelle stratégie de risque pour quel projet ?
- Objectif
 - Des évaluations et des recommandations objectives et reproductibles
- Résultat
 - Guide « bonnes pratiques » avec le conseil d'évaluation GRID (Trutnevyte & Wiemer, 2017)
 - Recommandation pour l'application de ces « bonnes pratiques » en Suisse (Kraft et al., 2020; DOI : [10.3929/ethz-b-000453228](https://doi.org/10.3929/ethz-b-000453228))
 - Informations détaillées sur la sismicité en Suisse, mécanismes des tremblements de terre induits, surveillance sismique, systèmes de feux de circulation adaptatifs
 - Des mises à jour et des résumés F/I/D seront publiés avant la fin de 2020



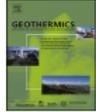

"Good Practice" Guide for Managing Induced Seismicity in Deep Geothermal Energy Projects in Switzerland



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Geothermics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/geothermics



Tailor-made risk governance for induced seismicity of geothermal energy projects: An application to Switzerland

Evelina Trutnevyte^{a,c,*}, Stefan Wiemer^{b,c}

^a ETH Zurich, Department of Environmental Systems Science (D-USYS), USYS Transdisciplinarity Laboratory, Universitätsstrasse 16, 8092 Zurich, Switzerland

^b ETH Zurich, Swiss Seismological Service, Sonneggstrasse 5, 8092 Zurich, Switzerland

^c Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity, Sonneggstrasse 5, 8092 Zurich, Switzerland

<p>ARTICLE INFO</p> <p><i>Article history:</i> Received 17 May 2016 Received in revised form 7 September 2016 Accepted 31 October 2016</p> <p><i>Keywords:</i> Induced seismicity Risk Deep geothermal Enhanced Geothermal Systems (EGS) Risk governance</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>Fully open or partly open geothermal systems can induce potentially damaging seismicity. How this seismicity should be addressed depends on the geothermal system, its operational characteristics, the geological context, exposed buildings, existing infrastructure and populations, and social concern. This paper proposes an initial screening tool, called Geothermal Risk of Induced seismicity Diagnosis (GRID), for estimating to what extent induced seismicity is of concern for a specific project. A framework for tailor-made risk governance measures is then recommended, including hazard and risk assessment, social site characterization, seismic monitoring, insurance, structural retrofitting, traffic light systems, information and outreach, and public and stakeholder engagement. The proposed framework is currently customized to Switzerland and can be adapted to other regions or geo-energy applications.</p> <p>© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.</p>
---	---

1. Introduction

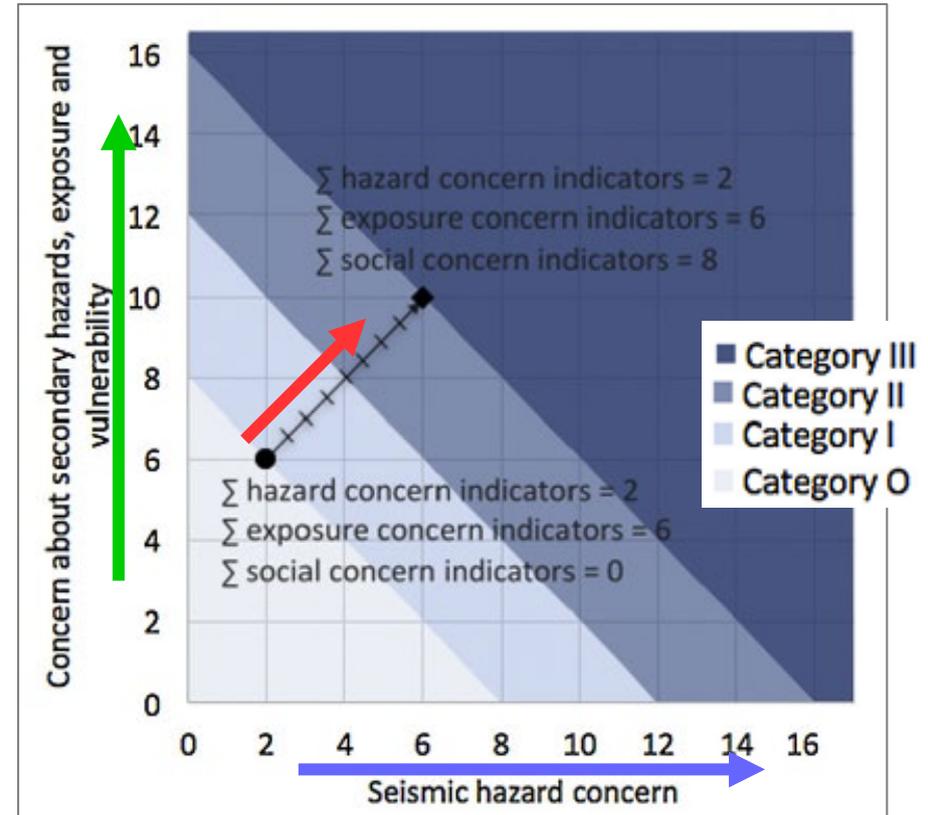
Energy sector decarbonization is necessary to mitigate climate change and requires a portfolio of low-carbon technologies (Williams et al., 2012; IPCC, 2014). Geothermal energy for electricity and/or heat generation can make a valuable contribution to diversifying this portfolio. Geothermal energy is not only a low-carbon energy source, but is also available locally and – in contrast to solar or wind energy – independently from variations in weather. The theoretical potential of geothermal energy is vast (Hirschberg et al., 2014; Bertani, 2012). The technical potential is increasingly unlocked through basic research, technological development, and pilot projects.

Underground reservoir creation and operation of fully or partly open geothermal systems that allow fluid exchange in the deep underground may perturb the existing stress field underground and induce potentially damaging seismicity. Although known since the 1920s (Hitzman et al., 2012), induced seismicity is a growing concern, not only for geothermal systems (Zang et al., 2014; Giardini, 2009), but also for conventional oil and gas exploitation (Hitzman et al., 2012; van Eck et al., 2006; Bourne et al., 2015), wastewater injection (Ellsworth, 2013; Rubinstein and Mahani, 2015), hydraulic fracturing (Ellsworth, 2013), mining (Gibowicz, 2009), and geological carbon dioxide storage (Zoback and Gorelick, 2012; Pawar et al., 2015). For Enhanced Geothermal Systems (EGS), induced seismicity is, in fact, directly related to the economic viability of EGS because the process of enhancing the underground reservoir permeability is correlated with induced earthquakes (Wiemer et al., 2014).

A handful of geothermal projects with felt induced seismicity already exist (Zang et al., 2014; Evans et al., 2012; Majer et al., 2007). Three Swiss examples reveal the case-specific nature of induced seismicity. In 2006, the Basel EGS project (5.0 km depth) induced felt and damaging events with a maximum magnitude of $M_L 3.4$ during the reservoir stimulation, in addition to tens of thousands of micro-earthquakes required for reservoir creation (Bachmann et al., 2011; Mená et al., 2013). The seismicity was widely felt in the city of Basel, with 164,000 inhabitants, and was received unfavorably by both the population and the media. The claims for damage compensation reached 9 million USD (Giardini, 2009; Edwards et al., 2015). The negative public reaction and the subsequent update of the risk assessment (Baisch et al., 2009) led to

Facteurs de l'aléa sismique	0 (peu inquiétant)	1 (inquiétant)	2 (très inquiétant)
Profondeur du réservoir	< 1 km	1 - 3 km	> 3 km
Volume d'injection cumulé pendant la stimulation	< 1'000 m ³	≤ 10'000 m ³	> 10'000 m ³
Volume quotidien d'injection ou de refolement pendant le projet	< 1'000 m ³ /jour d'injection ou < 5'000 m ³ /jour de refolement	≤ 10'000 m ³ /jour d'injection ou ≤ 50'000 m ³ /jour de refolement	> 10'000 m ³ /jour d'injection ou > 50'000 m ³ /jour de refolement
Type de roche	Sédiments	Dans un rayon de 500 m d'un sous-sol cristallin	Sous-sol cristallin
Délimitation entre sismicité de fond et sismicité induite	Zones sismiques 1a & 1b dans SIA (2020)*	Zone sismique 2 dans SIA (2020)*	Zones sismiques 3a & 3b dans SIA (2020)*
Pression d'injection du fluide	< 0.3 MPa	0.3 - 10 MPa	> 10 MPa
Distance par rapport aux failles connues et éventuellement actives	> 5 km	≤ 5 km	< 2 km
Facteurs du risque sismique (dans un rayon de 5 km)	0 (peu inquiétant)	1 (inquiétant)	2 (très inquiétant)
Effets d'amplification locale** <i>Sols meubles = classes de sol de fondation D, E, F in SIA (2020)</i>	Aucun bâtiment ou infrastructure sur sol meuble	< 10 % des bâtiments ou infrastructures sur sol meuble	≥ 10 % des bâtiments ou infrastructures sur sol meuble
Population exposée	Peu dense (< 100 habitants)	Campagne (< 20'000 habitants)	Urbaine (> 20'000 habitants)
Activité industrielle ou commerciale	Faible activité	Activité moyenne ≥ 1 entreprise avec 100 - 499 employés ou ≥ 1 site industriel d'une valeur particulière	Forte activité ≥ 5 entreprises avec 100-499 employés ou ≥ 2 entreprises avec plus de 500 employés ou ≥ 2 sites industriels d'une valeur particulière
Importance des bâtiments et des infrastructures	Pas de bâtiments de classe SIA II ou III (SIA, 2020)	Pas de bâtiments ou d'infrastructures de classe III (SIA, 2020)	Bâtiments ou infrastructures de classe III (SIA, 2020)
Infrastructures présentant un risque environnemental considérable	Aucune	-	Une ou plusieurs
Patrimoine non renforcé	< 5 % des bâtiments classés comme patrimoine culturel local, régional ou national important	≤ 10 % des bâtiments classés comme patrimoine culturel local, régional ou national important	> 10 % des bâtiments classés comme patrimoine culturel local, régional ou national important; ou au moins un bâtiment classé comme bien culturel international
Vulnérabilité aux risques secondaires	Très faible	Modérée	Élevée
Facteurs sociaux	0 (peu inquiétant)	1 (inquiétant)	2 (très inquiétant)
Potential de risque pour la population	Aucun	Présent	Important
Groupes d'intérêt vulnérables ou fortement opposés	Aucun	Présents	Importants
Expérience négative avec des projets similaires	Aucun	Présents	Importants
Manque de confiance envers les opérateurs de projets ou les autorités	Néant	Présent	Important
Avantages pour la population locale	Avantages directs avec ou sans compensation financière	Compensation financière uniquement	Keine

Classification GRID avant le démarrage du projet



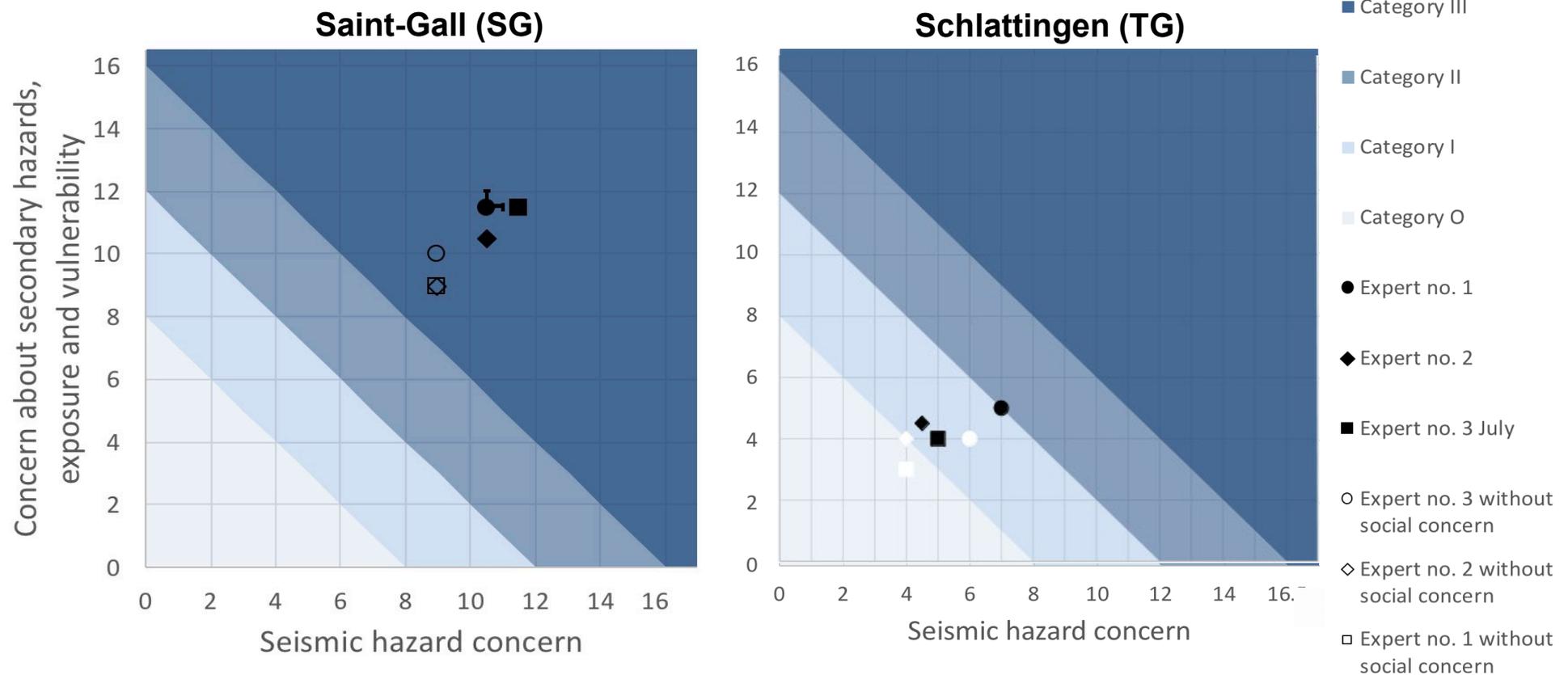
Kraft et al., 2020

* <https://s.geo.admin.ch/8cb9c5fc86> (map.geo.admin.ch → Zones sismiques selon la norme SIA 261)

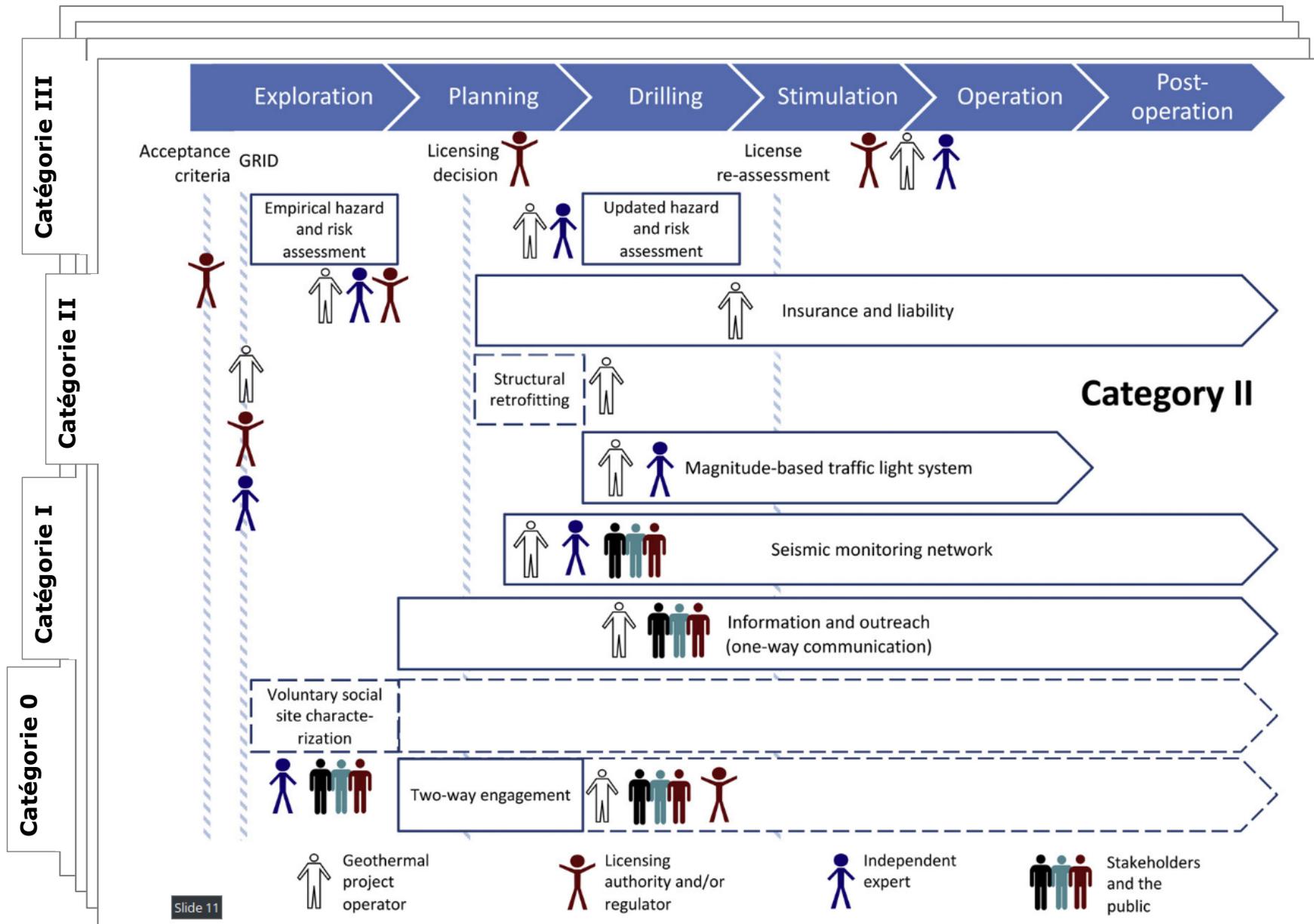
** Si la classe de sol n'est pas définie, la figure 15 du rapport complet peut être utilisée.

Proposition de classification GRID pour les projets suisses

- Évaluation indépendante par trois experts : autorité locale, opérateur, SED
- Discussion commune des résultats
- Ajustements indépendants finaux si l'expert le juge nécessaire



GRID: une approche globale de la « gouvernance des risques »

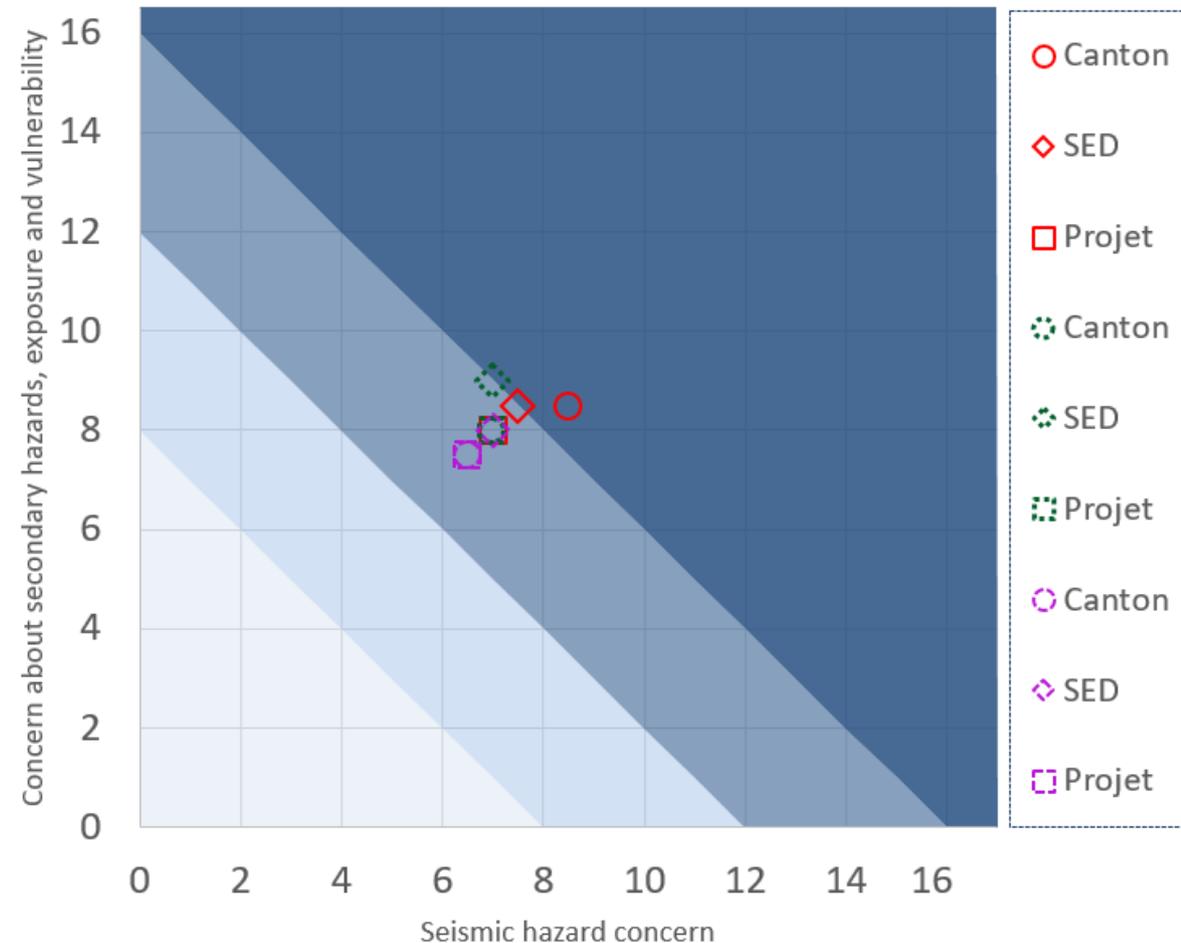


(Trutnevyte & Wiemer, 2017; Kraft et al., 2020, DOI : [10.3929/ethz-b-000453228](https://doi.org/10.3929/ethz-b-000453228))

GRID: en résumé

- Ce que GRID est:
 - Un outil de catégorisation 'objective'
 - Une aide à la prise de décisions
 - Un moyen de se confronter à certains thèmes
 - Une mise à jour pour les acteurs
- Ce que GRID n'est pas:
 - Un ersatz d'étude de risque
 - Un outil de suivi

Trois projets dans le canton de Vaud

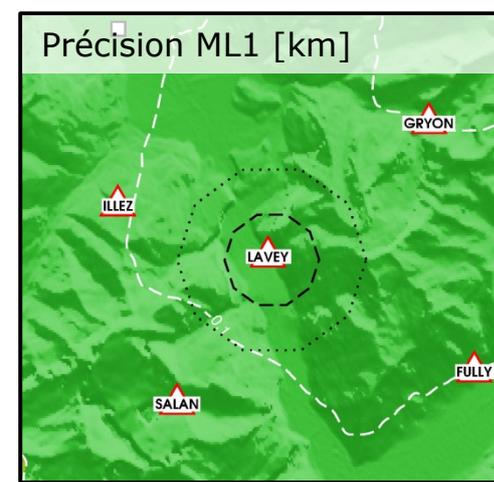
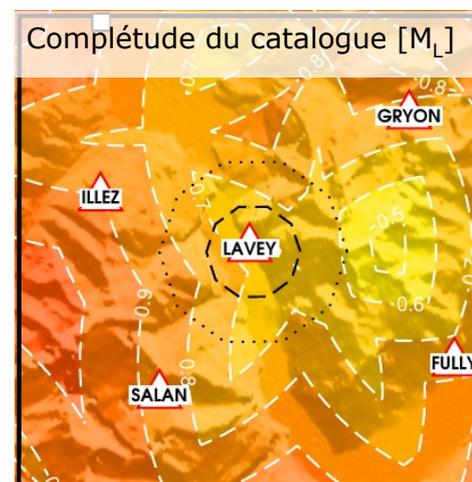
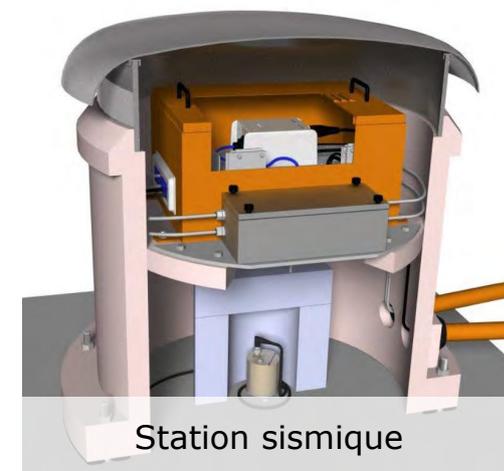
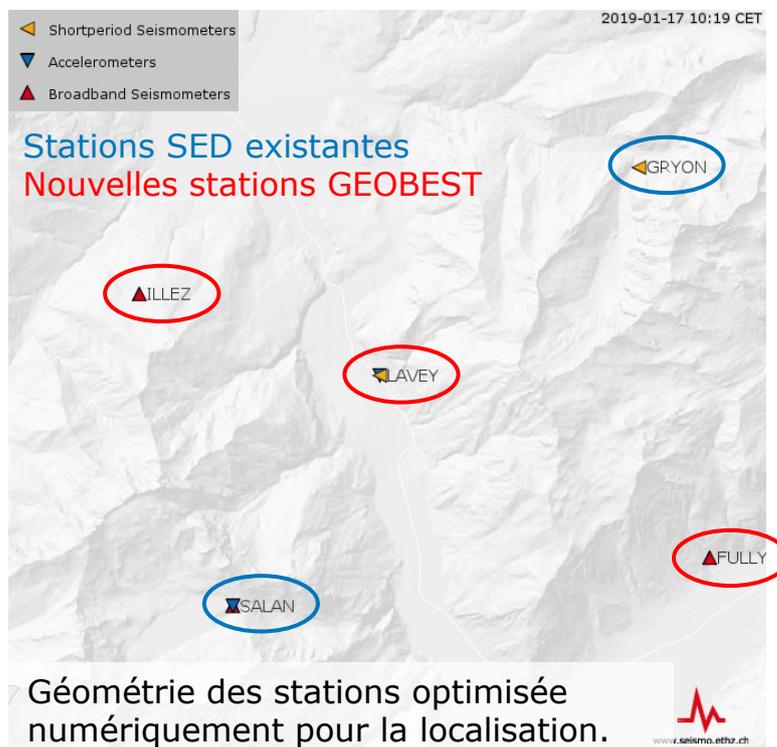


Surveillance sismologique de base GEOBEST2020+

Surveillance sismologique de base GEOBEST200+

Réseau de surveillance sismologique de base spécifique au projet

- Détection et localisation automatique des tremblements de terre de magnitude $ML \geq 1.0$ avec une précision de localisation de 500 m ou moins dans un rayon de 5 km autour des sites du projet
- Utilisation des stations SED existantes (là où c'est possible)
- Accès ouvert aux données via les services web FDSN du SED
- Archivage sur des serveurs SED redondants

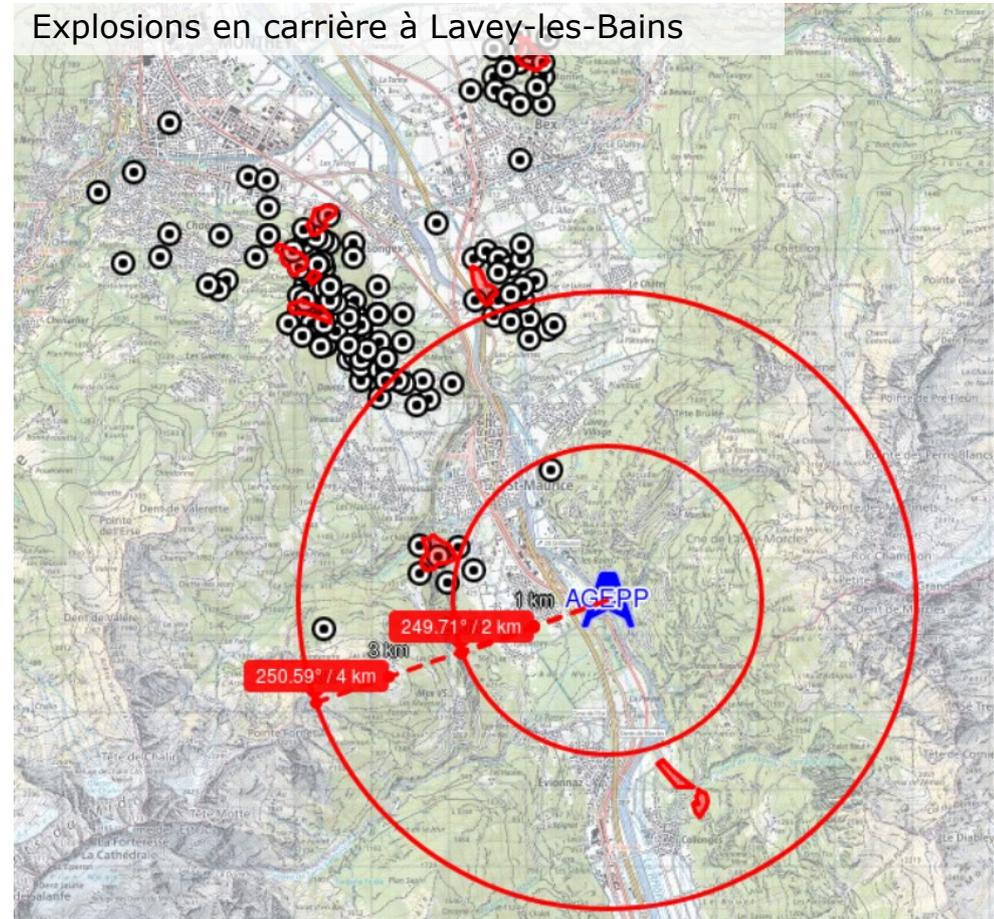
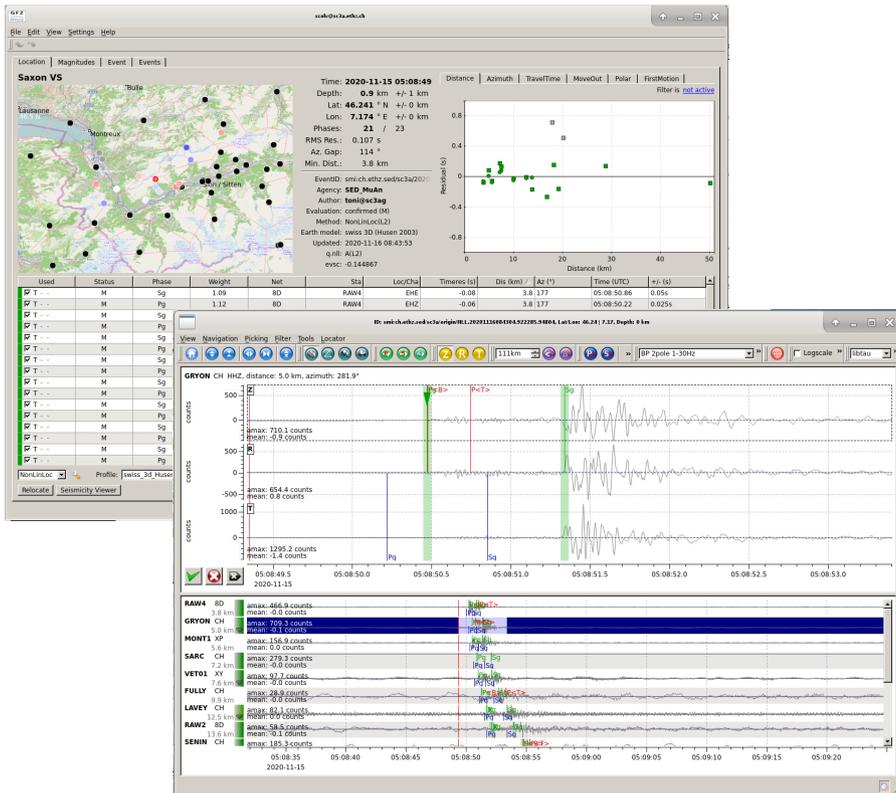


Surveillance sismique de base GEOBEST20+

Traitement automatique et vérification manuelle des données sismiques

- Détection et localisation automatiques dans les 60 secondes qui suivent le tremblement de terre
- Vérification manuelle dans le cadre de l'analyse de routine quotidienne de la sismicité en Suisse
- Identification garantie des fausses détections automatiques (explosions ou coups de tonnerre) et leur exclusion de la procédure d'alarme

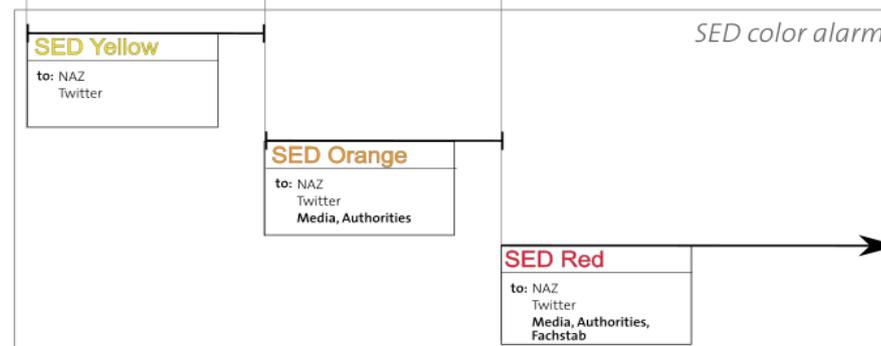
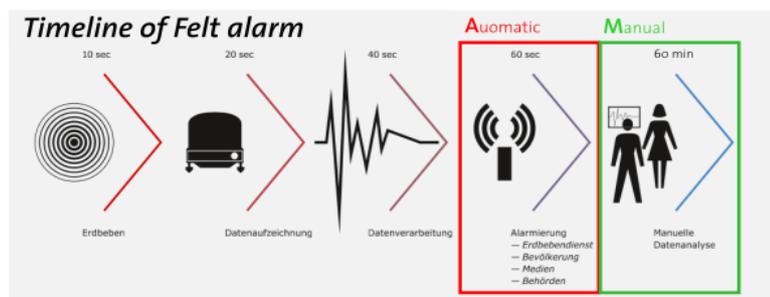
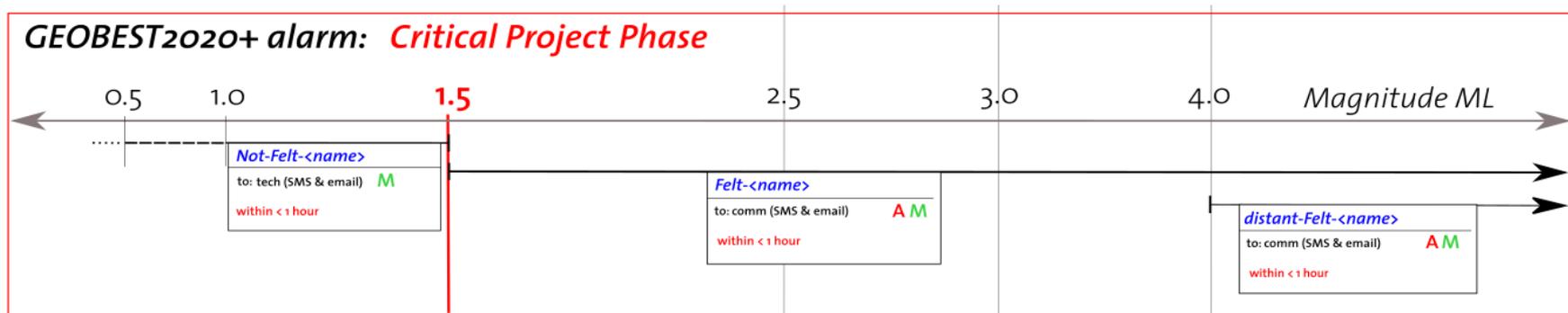
Évaluation manuelle par des sismologues expérimentés



Surveillance sismique de base GEOBEST2020+

Alerte aux tremblements de terre par SMS /courrier électronique aux acteurs définis par le canton

- Alarme automatique pour les magnitudes $ML \geq 1.5$ dans les $\sim 60s$
- Mise à jour avec évaluation manuelle dans un délai d'une heure
- Localisation manuelle de tous les tremblements de terre détectés en un jour ouvrable
- Réduction des temps de réponse pour le contrôle manuel pendant les phases critiques du projet



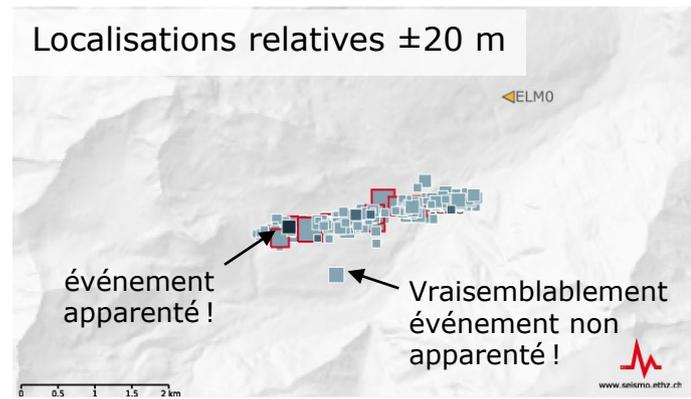
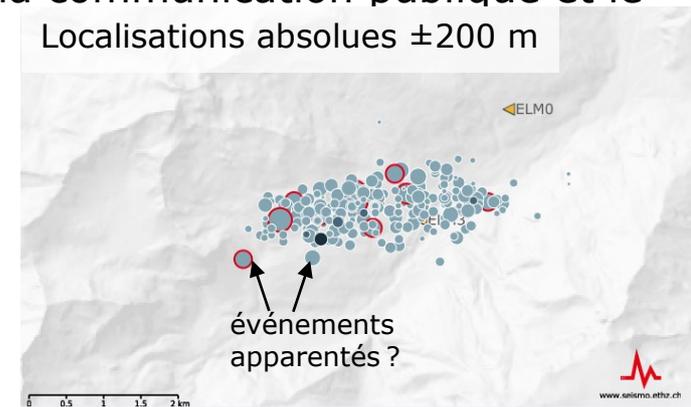
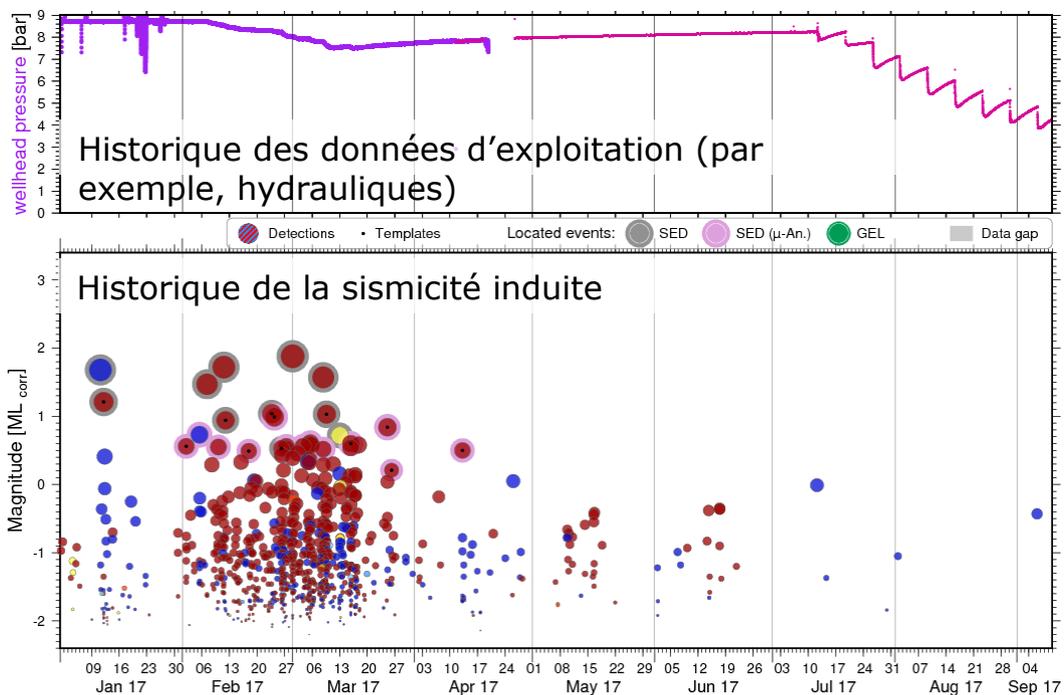
group "tech": technical interest group (SED + Operator + ??)

group "comm": safety and communication related interest group: tech + Canton + ??

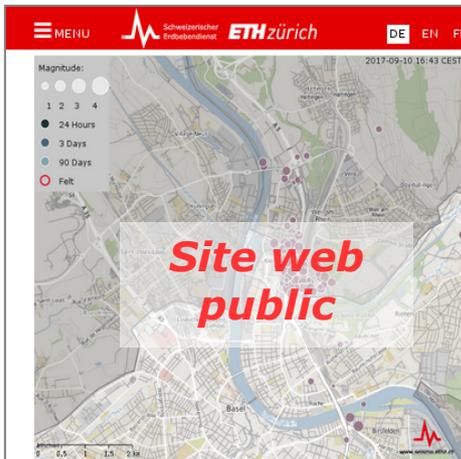
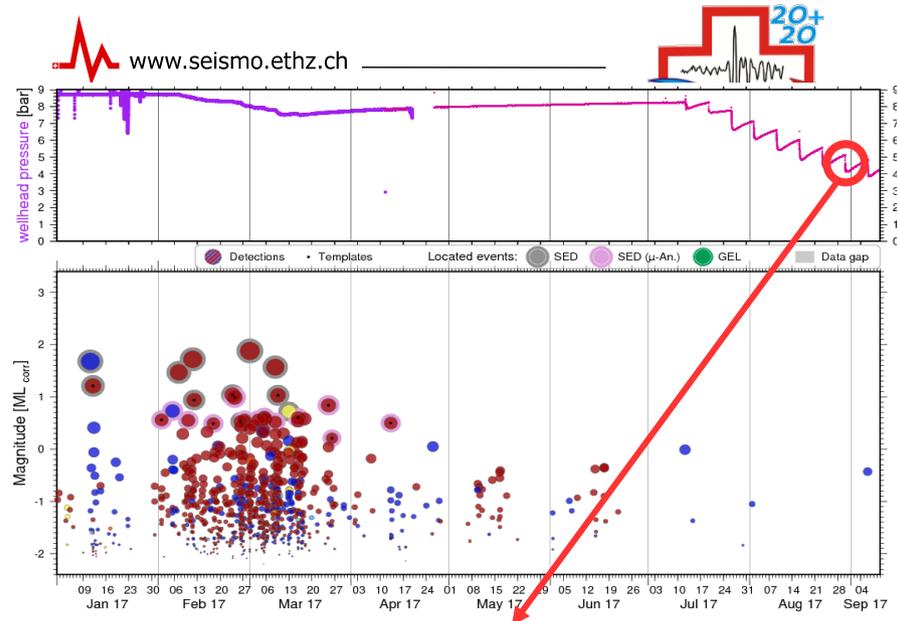
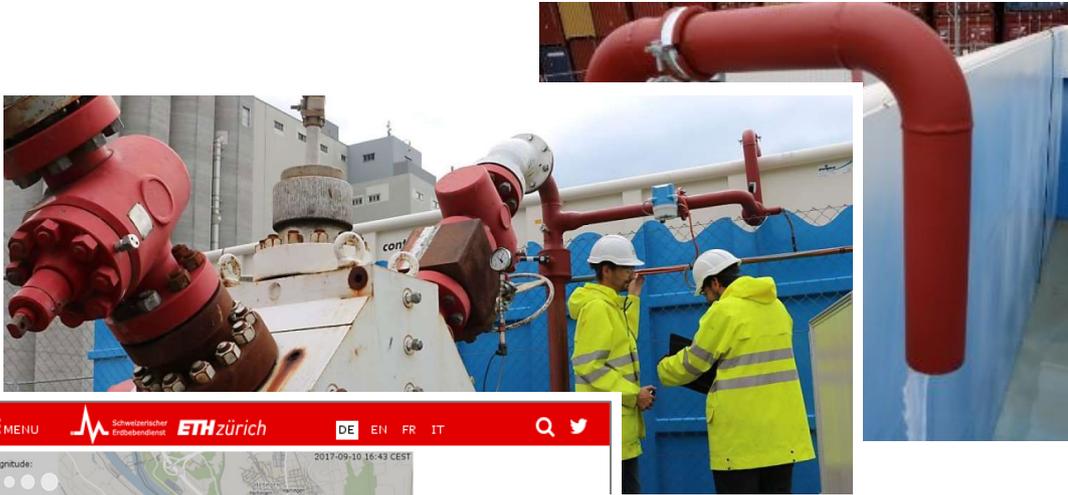
Surveillance sismique de base GEOBEST2020+

Première évaluation rapide de l'origine naturelle ou induite d'un tremblement de terre

- Le SED envoie au canton une évaluation préliminaire des séismes enregistrés à proximité d'un projet de géothermie profonde
- Évaluation basée sur la localisation et la profondeur de l'événement et sur l'historique sismique et opérationnel du projet
- Informations pertinentes rapidement disponibles pour la communication publique et le fonctionnement du système de feux de signalisation



Exemple de surveillance de base sismique



Basel seismicity information

Relevant Well-Opening Phase Data

Current Alarm Level: **GREEN**

The alarm level is calculated in real time based on the following input data:

- Seismicity detected by the SED routine system**
- Seismicity detected by a highly sensitive system**

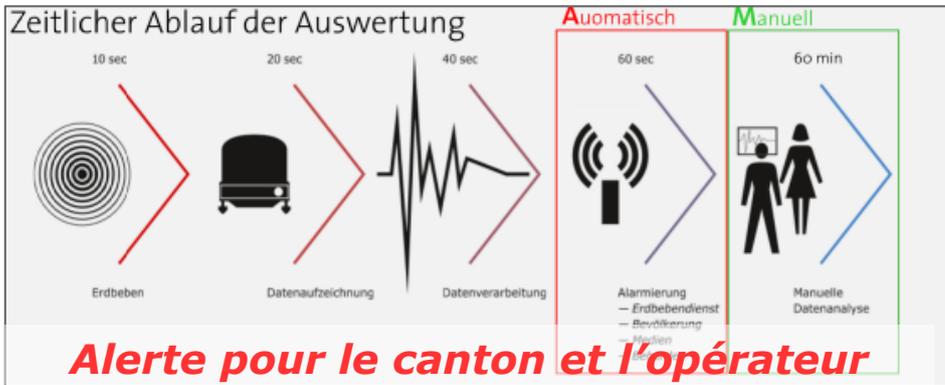
Below we show the results of a detailed template matching analysis for the Basel DHM reservoir. The analysis is updated every 24 hours (at 00:00 utc; run time: 3h) and has a detection threshold of about ML-2.0.

The last update was calculated at:
Sun Sep 10 00:00:00 UTC 2017

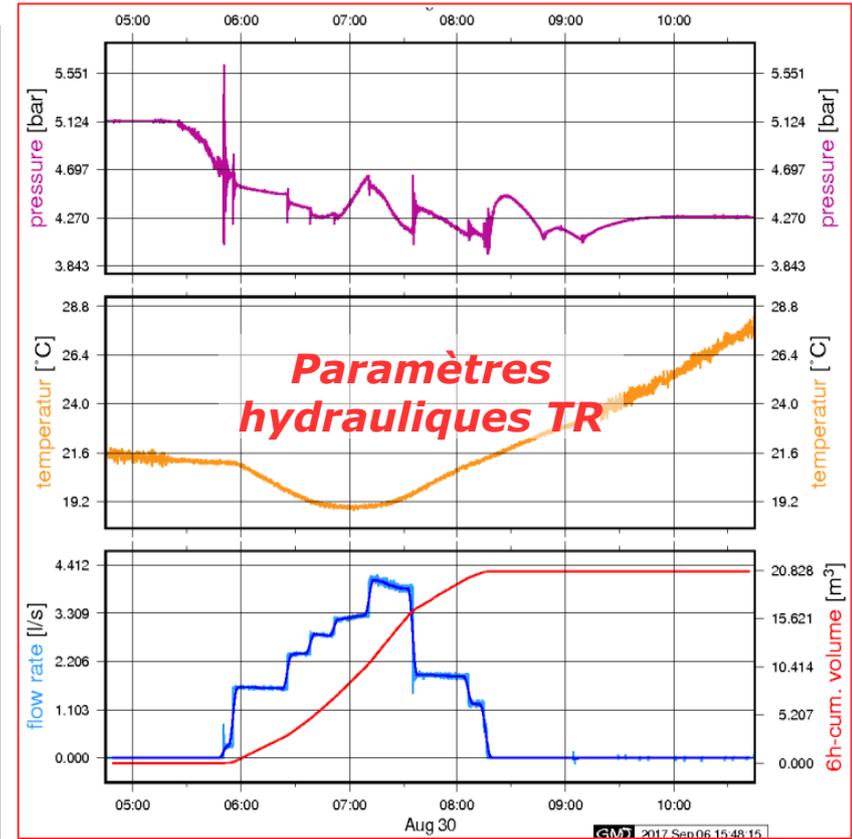
Site web interne

Navigation: Aktuelle Seite: 1, Zeilen pro Seite: 10, Ausführen

Jahr	UTC-Zeit	Magnitude	Herdtiefe	Länge	Breite	Auswertung
2017	May 10 01:13:21	1.1	6.3	47.61	7.63	manual
2017	Mar 13 00:47:51	0.5	7.0	47.59	7.60	manual
2017	Mar 09 15:58:37	0.9	6.5	47.60	7.60	manual



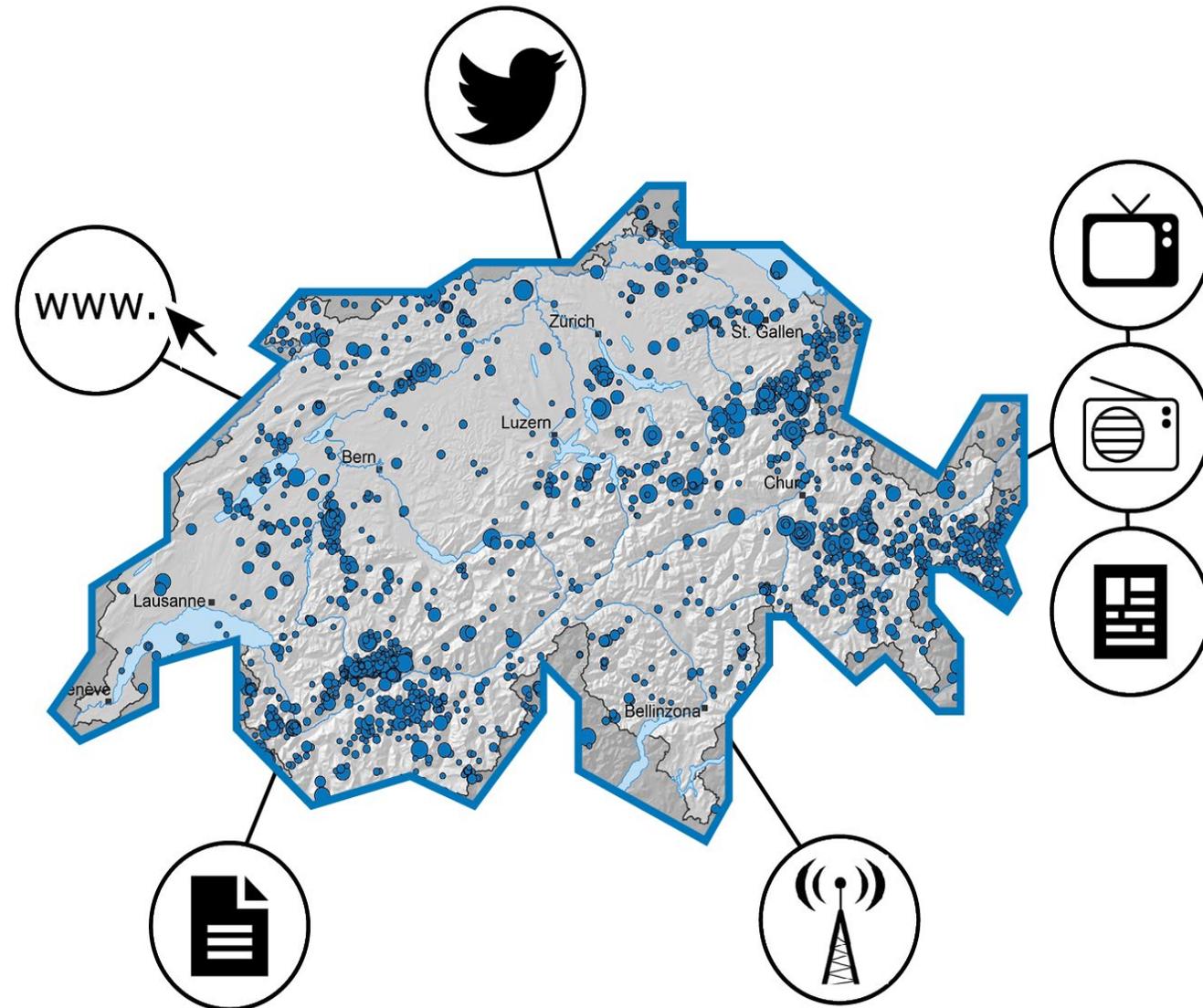
Alerte pour le canton et l'opérateur



Communication SED sur la géothermie profonde

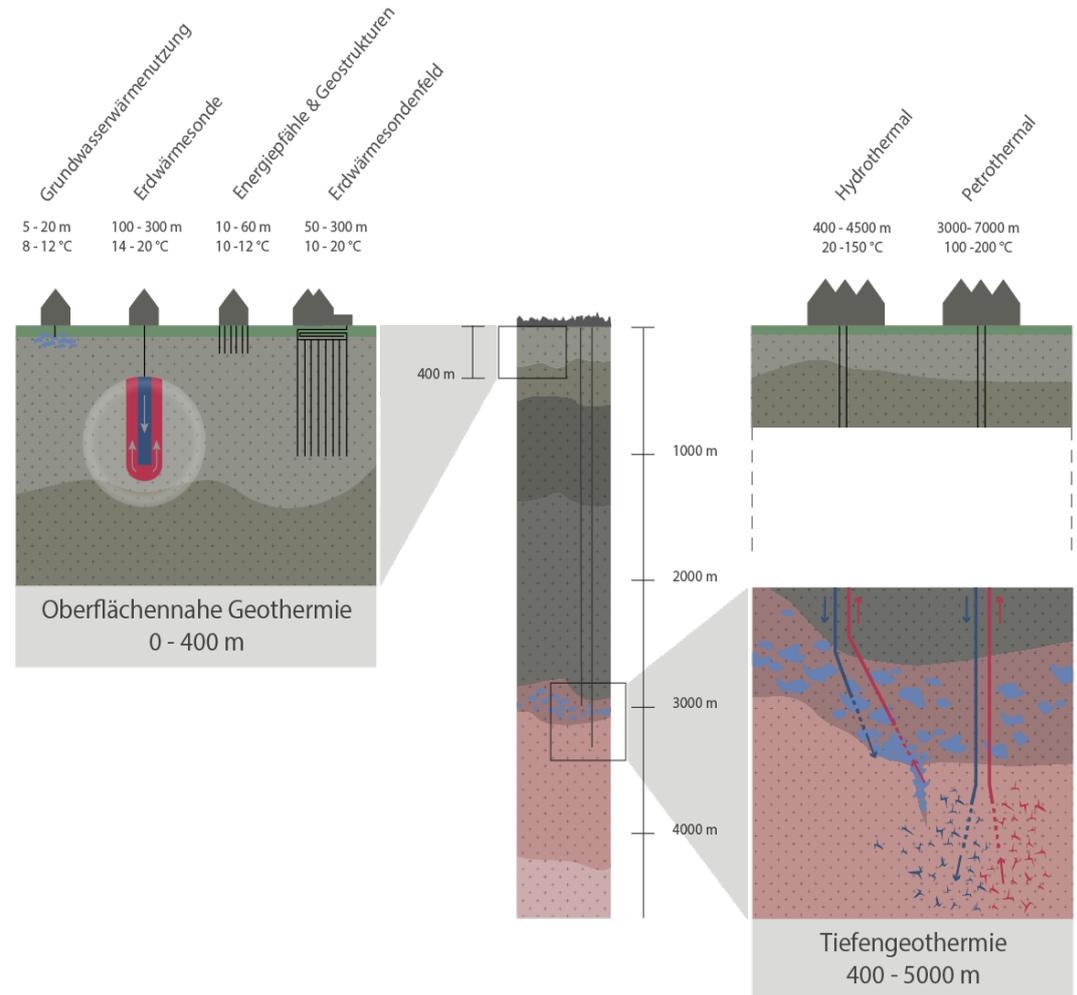
Comment le SED communique-t-il les informations liées aux projets d'énergie géothermique ?

- Informations contextuelles
- Informations sur les événements
- Informations sur le projet



Informations contextuelles

- Disponibles sur [le site du SED](#)
- La géothermie en quelques mots
- Des informations essentielles sur les tremblements de terre en rapport avec l'énergie géothermique
- Le SED se concentre sur la géothermie profonde
- Informations sur le rôle du SED



Informations sur les événements

- Premières informations automatiques après environ 60 secondes sur le site web
- À partir d'une magnitude de 2.5
 - Centrale nationale d'alarme CENAL
 - Comptes Twitter SED
 - Appli MétéoSuisse
 - Portail des dangers naturels de la Confédération
- À partir d'une magnitude de 3
 - Informations médias et autorités par liste de diffusion électronique
- Alarme spéciale
 - Après concertation, pour les autorités cantonales ou les opérateurs



20.07.2013

Erdbeben bei St. Gallen deutlich verspürt

Informations sur les événements

- Pour tous les séismes ressentis, une contribution est rédigée pour le site web si nécessaire.
 - Plus de 20 annonces de ressenti
 - Intérêt important ou général
 - Dommages possibles
 - À partir de la magnitude 3
- Le SED informe les cantons partenaires de GEOBEST2020+ en temps quasi-réel (24 heures sur 24, 7 jours sur 7) d'un tel événement et des informations publiées par le SED.
 - Le lien éventuel avec un projet de géothermie profonde n'est communiqué qu'après un examen manuel approfondi des données relatives aux séismes et en consultation avec les experts de la région.
- Le SED répond aux demandes des médias et de la population et transmet directement au service compétent du canton les questions sur des sujets spécifiques aux projets.



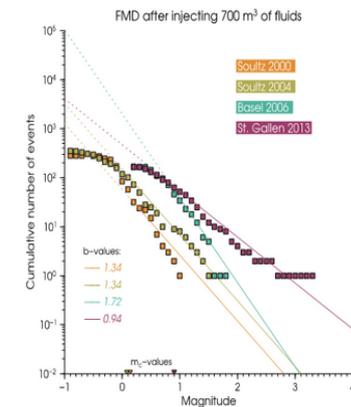
28.08.2013

Erste Untersuchungsergebnisse des SED zum Geothermieprojekt in SG

Der Schweizer
20. Juli 2013
4 km bei St. G
verspürt. Leicl
Tiefe nicht aus

Das Erdbeben
und Stimulati
St. Gallen. Schl
Nähe des Boh
Nacht vom 19
Ein erstes etw
morgens am 2
unmittelbaren

Weiterlesen...



Im Nahfeld des Bohrturms registrierte das seismische Netzwerk des Schweizerischen Erdbebendienstes bis am 27. August 2013 622 Erdbeben mit Magnituden zwischen -1.7 und 3.5. Die seismische Aktivität hat seit dem 14. Juli erwartungsgemäss kontinuierlich abgenommen, wobei die Anzahl registrierter Ereignisse von Tag zu Tag leicht variiert. Die Wahrscheinlichkeit für ein weiteres, spürbares Erdbeben beträgt in den kommenden zwölf Monaten ohne weitere Eingriffe im Untergrund zehn bis zwanzig Prozent. Für ein Beben mit einer Magnitude von 3.5 oder grösser liegt sie zwischen einem und drei Prozent.

Synthèse des informations sur les tremblements de terre

- Inscription sur la liste de la page d'accueil www.seismo.ethz.ch
- Cliquez sur la date pour obtenir une vue détaillée
- À partir de la magnitude 2.5, une ShakeMap s'affiche. Elle montre les intensités obtenues par les instruments et permet une première évaluation des effets
- L'intensité instrumentale se base sur les mouvements du sol enregistrés à différentes stations
- Disponible 3 à 5 minutes après un événement
- Un clic sur la carte mène à la vue interactive

2017-03-06 21:12 6

Linthal GL

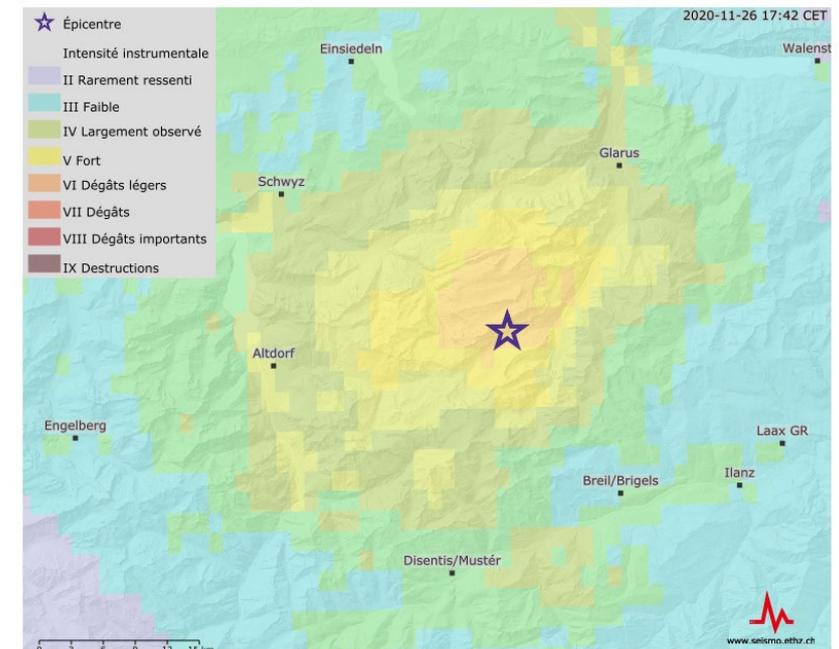
Séismes

Informations sur l'événement

Carte Détails Données Annonce de tremblement de terre

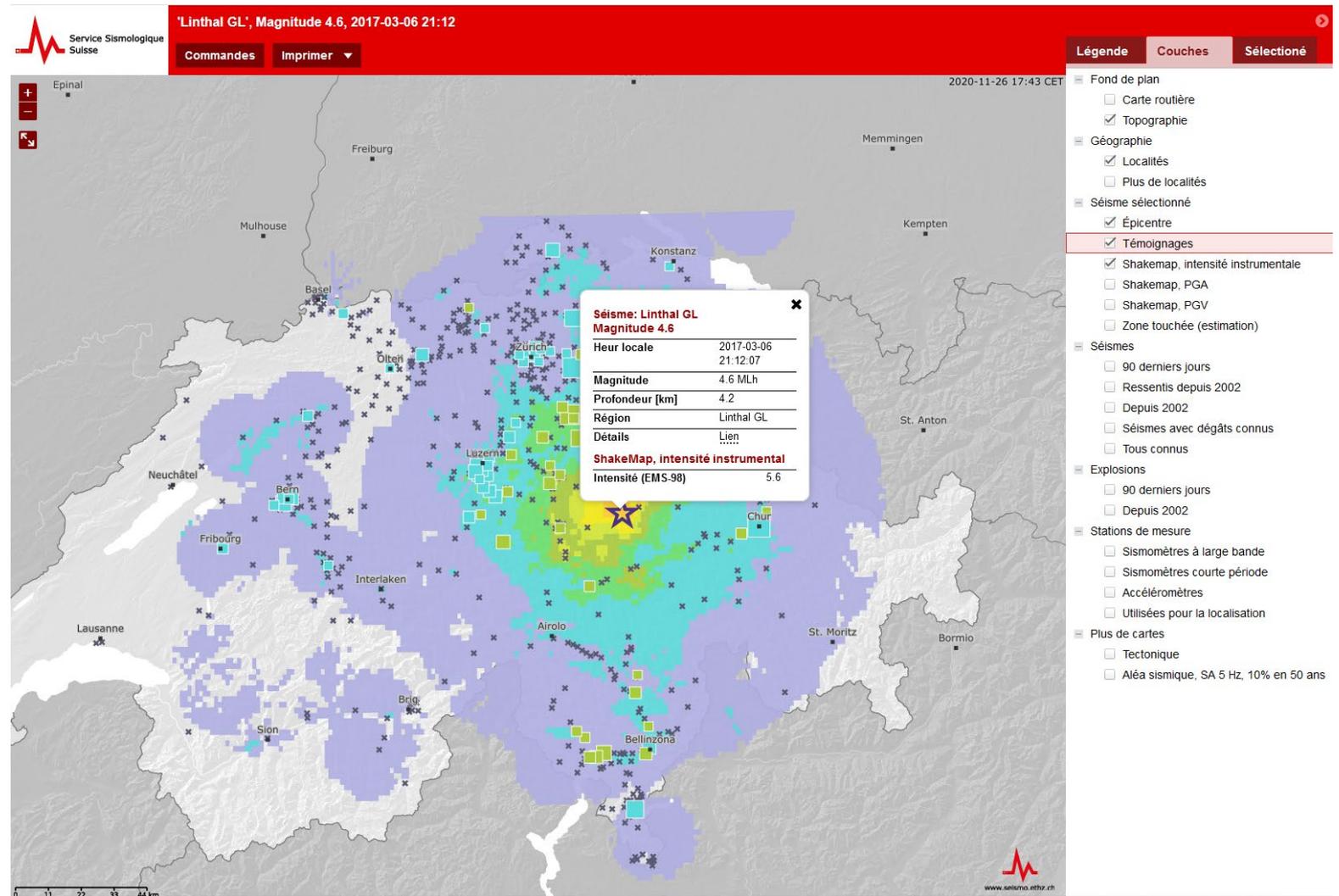
Événement du 2017-03-06 21:12, Linthal GL, Magnitude 4.6

Cliquez sur la carte pour une visualisation interactive



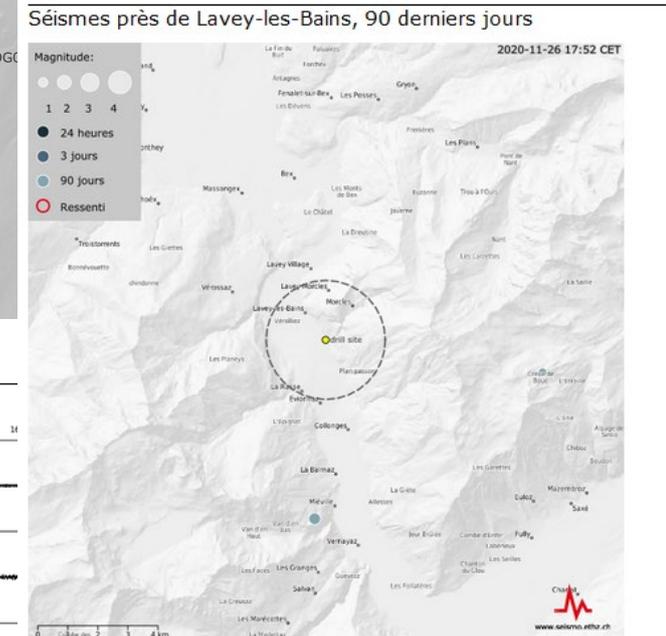
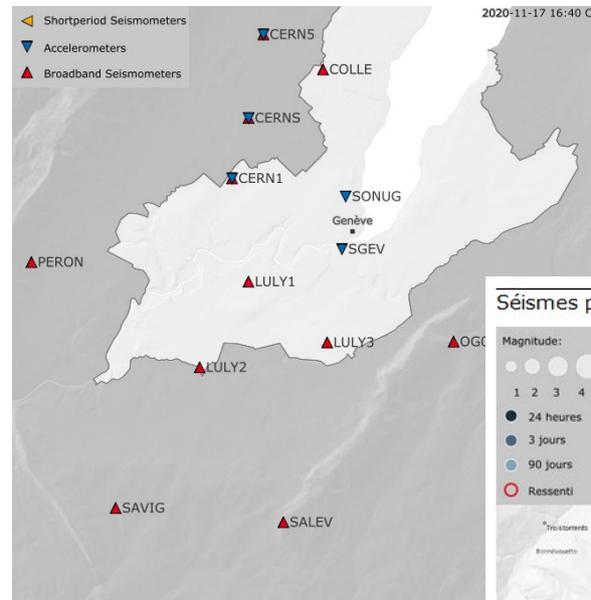
Informations sismiques sur la carte interactive

- Incrustation d'informations supplémentaires comme...
 - Annonces de ressenti
 - Séismes
 - Stations de mesure
 - etc.

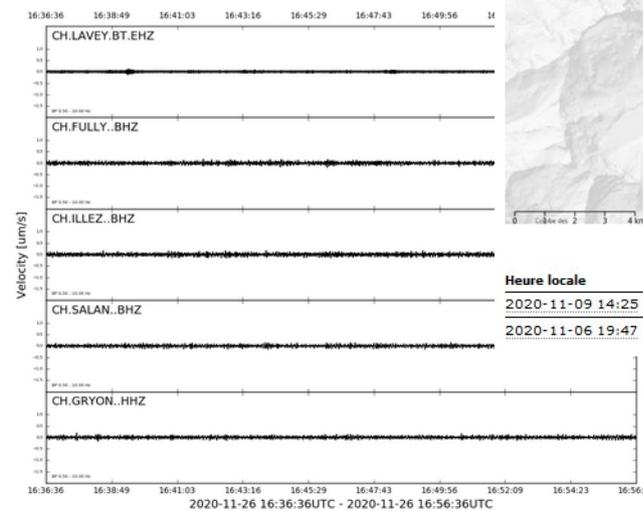


Informations sur le projet

- Uniquement pour les projets des cantons partenaires de GEOBEST2020+
- Une structure uniforme
- Une documentation détaillée, indépendante et accessible au public



Sismogrammes des dernières 20 minutes



Heure locale	Magnitude	Localité	Profondeur	Latitude	Longitude
2020-11-09 14:25	1,6	Martigny VS	6,8	1,6	7,02
2020-11-06 19:47	0,9	Saxon VS	5,8	0,9	7,12

Description du projet

SÉISMES

[Géothermie Lavey-les-Bains](#)

Description du projet

Dans le cadre du projet de recherches **GEOBEST-CH** le Service Sismologique Suisse (SED) à l'ETH Zurich surveille à l'aide de trois stations de mesures supplémentaires le **Projet de géothermie hydrothermale de Lavey-les-Bains** (VD) dans la vallée du Rhône. L'objectif de la surveillance est d'une part d'améliorer les connaissances sur la sismicité naturelle locale avant le début du forage en 2019 et la mise en exploitation de l'installation, et d'autre part de contribuer à détecter rapidement et précisément les tremblements de terre, et à déterminer si ceux-ci sont liés au projet de géothermie, ou s'ils sont d'origine naturelle.

La société AGEPP (Alpine Geothermal Power Production) prévoit d'implanter à Lavey-les-Bains (VD) dans la vallée du Rhône un projet de géothermie profonde hydrothermale avec un forage pouvant atteindre 3000 m de profondeur. Il vise à amener en surface l'eau chaude présente naturellement en profondeur pour produire de l'électricité et de la chaleur. Le projet envisagé se distingue par le fait que l'eau géothermale prélevée dans le sous-sol n'y est pas réinjectée par la suite. L'eau thermale refroidie et purifiée est dirigée ensuite vers la centrale hydroélectrique de Lavey, puis rejetée dans le Rhône. Les séismes induits observés dans le passé pour des projets de géothermie profonde sont survenus principalement lors de l'injection d'eau dans le sous-sol. C'est pourquoi, selon une étude de risque de l'exploitant et une estimation du canton et du SED, le risque de séismes induits à Lavey-les-Bains est inférieur à celui des projets passés de géothermie profonde à **Bâle** et **Saint-Gall**.

Plus d'informations sur le projet de géothermie : www.agepp.ch.



En savoir plus

[Le réseau de surveillance près de Lavey-les-Bains](#)

[Sismicité naturelle locale Lavey-les-Bains](#)

[Liste des séismes près de Lavey-les-Bains](#)

[Sismogrammes en temps réel Lavey-les-Bains](#)

La géothermie en Suisse

[Bassin de Genève, 2019](#)

[Vinzel, 2019](#)

[Lavey-les-Bains, 2019](#)

[Saint-Gall, 2013](#)

[Bâle, 2006](#)

[La géothermie en bref](#)

[La géothermie et les séismes induits](#)

[Mesures d'endiguement de la sismicité induite](#)

Surveillance sismique

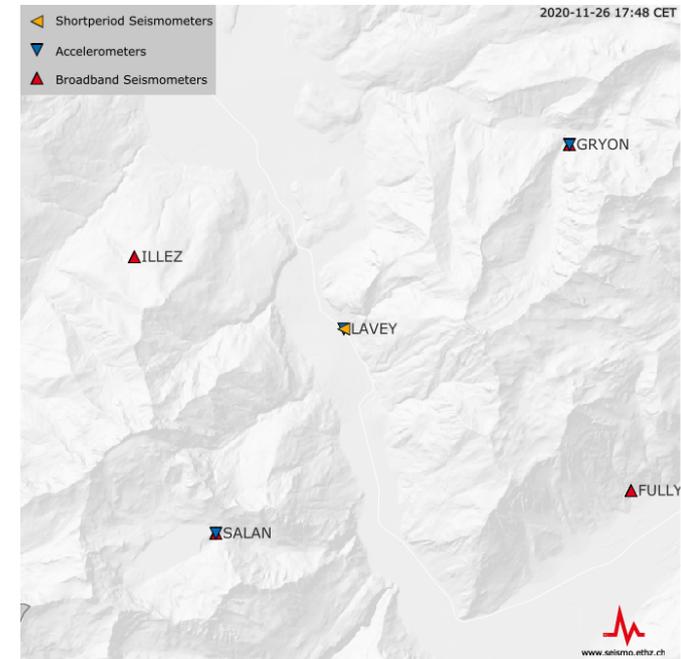
SÉISMES

[Géothermie Lavey-les-Bains](#)

Surveillance des séismes

Le réseau de surveillance installé début 2018 est constitué de deux stations en surface et d'une station en forage. Les deux stations de surface (**ILLEZ** et **FULLY**) sont positionnées dans un rayon d'environ 5 kilomètres autour du forage profond, de manière à compléter de manière optimale le **réseau SED** existant. La station en forage (**LAVEY**) a été installée à proximité du forage profond, dans un forage déjà existant d'une profondeur de 170 mètres, situé dans les installations thermales de Lavey-les-Bains. Sur ce site, un capteur supplémentaire pour les forts séismes a été installé en surface.

Sismomètres près de Lavey-les-Bains



Séismes dans la région

SÉISMES

Géothermie Lavey-les-Bains

Sismicité naturelle locale

Les observations sismiques historiques des 4 siècles précédents, ainsi que les données sismologiques instrumentales des 30 dernières années démontrent clairement que la vallée inférieure du Rhône entre Martigny et le lac Léman est soumise à une activité sismique naturelle non négligeable. Les tremblements de terre comme celui d'Aigle (1584), du lac d'Emosson ou bien dans le massif du Mont Blanc (1905), qui ont atteint une intensité macrosismique de VII, et qui sont donc classés comme séismes provoquant des dommages, en sont une preuve manifeste. Les séries nettement plus faibles, mais proches de la surface dans le Val d'Iliez en 1953/54 et 1994/96 sont à mettre en relation avec la mise en eau du lac de Salanfe. Elles démontrent que la croûte terrestre est soumise à des tensions dans cette zone, et que dans certains cas, même de petites perturbations du champ de contraintes ou des conditions hydrologiques suffisent pour déclencher des phénomènes sismiques.

En principe, on considère que les projets de géothermie profonde ne devraient pas avoir un impact hydraulique direct sur les grandes failles tectoniques actives. Bien que de très petits séismes, vraisemblablement proches de la surface se soient produits près de Lavey-Village dans les années 2005/06, il n'est pas possible d'identifier des zones de failles actives à proximité de Lavey-les-Bains sur la base des données sismologiques existantes. La série temporelle de quelques décennies reste cependant très réduite en comparaison avec les durées de retour des séismes sur une faille donnée (en Suisse, elles s'élèvent souvent à des milliers ou dizaines de milliers d'années). La surveillance sismologique locale permet de détecter rapidement les plus petites modifications de la sismicité naturelle, et d'évaluer s'il existe éventuellement une liaison avec les activités géotechniques dans le cadre du projet de géothermie. Le SED informe AGEPP ainsi que le grand public de ces évolutions en temps réel.

Sismogrammes en temps réel

SÉISMES

Géothermie Lavey-les-Bains

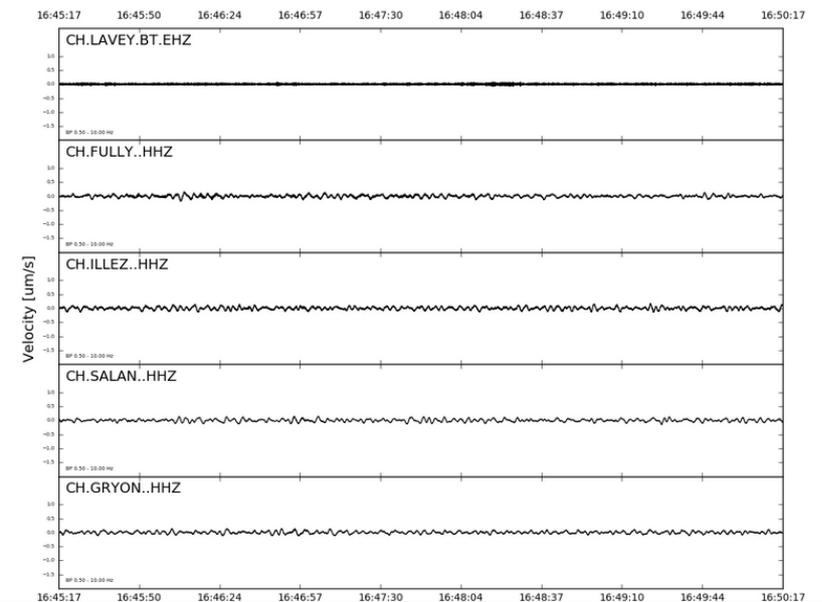
Sismogrammes en temps réel

Les figures suivantes montrent les sismogrammes des stations de surveillance dans la zone de Lavey-les-Bains. Ces sismogrammes représentent la courbe temporelle des mouvements du sol (vitesse de vibration) enregistrés au cours des cinq dernières minutes aux stations sismiques LAVEY.BT (GEOBEST), FULLY (GEOBEST), GRAYON (SDSNet), ILLER (GEOBEST) et SALAN (SDSNet).

Les heures indiquées sur l'axe horizontal correspondent au temps universel (UTC). En Suisse, on utilise l'heure normale d'Europe centrale (HNEC) en avance d'une heure sur l'UTC. Pendant l'heure d'été d'Europe centrale (HAEC), la différence avec l'UTC s'élève à + 2 heures.

Les axes verticaux montrent la vitesse de vibration du sol en micromètres par seconde ($\mu\text{m/s}$). Les sismogrammes sont filtrés avant le tracé (filtre passe-bas de 2 à 10 Hz) pour mieux faire apparaître les petits tremblements de terre locaux.

Sismogrammes des dernières 5 minutes



Liste des tremblements de terre

SÉISMES

Géothermie Lavey-les-Bains

Liste des tremblements de terre

Les cartes et listes ci-dessous présentent les tremblements de terre depuis le 01.01.2018 dans la région de Lavey-les-Bains.

La liste ne contient que les localisations qui ont été vérifiées manuellement par des sismologues. La carte comprend en outre les localisations automatiques actuelles. Merci de tenir compte du fait que la localisation automatique peut être entachée d'une grande incertitude (jusqu'à 5 km). Seuls les tremblements de terre qui se sont produits à moins de 10 kilomètres de profondeur ont été listés. Pour les séismes à plus grande profondeur, la relation avec le projet de géothermie surveillé est très improbable. Le cercle noir est tracé à une distance de 2 km du forage.

Les tremblements de terre de la région de Lavey-les-Bains sont en général l'expression d'une activité sismique naturelle, et ne sont pas forcément liés au projet de géothermie AGEPP.

En savoir plus

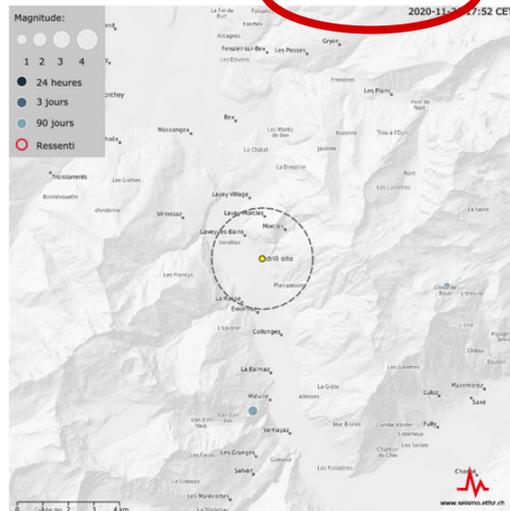
Description du projet Lavey-les-Bains

Le réseau de surveillance près de Lavey-les-Bains

Sismicité naturelle locale Lavey-les-Bains

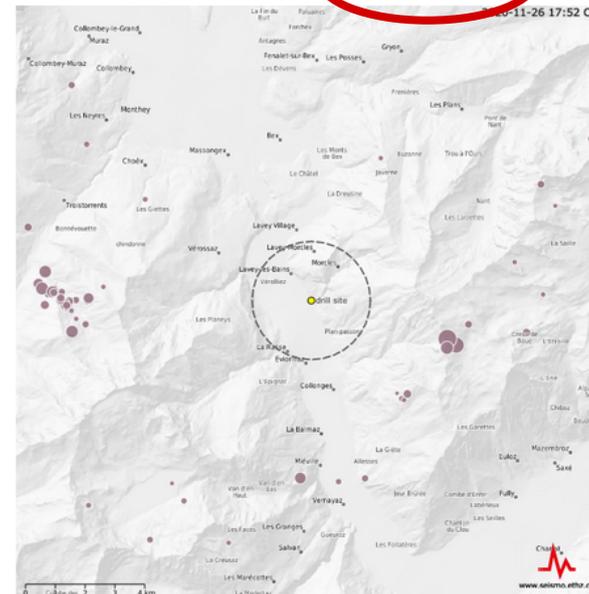
Sismogrammes en temps réel Lavey-les-Bains

Séismes près de Lavey-les-Bains, 90 derniers jours



Heure locale	Magnitude	Localité	Profondeur	Latitude	Longitude	Type d'événement	Type de localisation	Institut
2020-11-09 14:25	1.6	Martigny VS	6.8	1.6	7.02	earthquake	manual	SED
2020-11-06 19:47	0.9	Saxon VS	5.8	0.9	7.12	earthquake	manual	SED

Séismes près de Lavey-les-Bains, depuis 2018



Page: 1 Lignes par page: 100 Soumettre

Local Time	Magnitude	Location	Depth	Latitude	Longitude	Event Type	Location Type	Agency
2020-11-09 14:25	1.6	Martigny VS	6.8	46.14	7.02	earthquake	manual	SED
2020-11-06 19:47	0.9	Saxon VS	5.8	46.19	7.12	earthquake	manual	SED
2020-08-28 04:57	0.2	CHAMPERY VS	4.7	46.19	6.92	earthquake	manual	SED
2020-07-28 00:43	1.9	Saxon VS	6.3	46.18	7.08	earthquake	manual	SED
2020-07-25 12:33	0.8	CHAMPERY VS	4.6	46.20	6.92	earthquake	manual	SED
2020-07-03 19:00	0.2	Monthey VS	2.8	46.24	7.05	earthquake	manual	SED
2020-05-20 04:29	0.4	Monthey VS	0.8	46.25	6.93	earthquake	manual	SED
2020-05-03 09:13	0.8	CHAMPERY VS	4.5	46.20	6.92	earthquake	manual	SED
2020-03-15 14:23	1.2	CHAMPERY VS	4.9	46.20	6.92	earthquake	manual	SED
2020-03-15 13:35	0.8	CHAMPERY VS	4.7	46.20	6.91	earthquake	manual	SED
2020-02-16 03:05	0.2	Saxon VS	5.8	46.22	7.15	earthquake	manual	SED
2020-02-10 05:25	1.0	Saxon VS	5.8	46.22	7.15	earthquake	manual	SED
2020-01-04 20:56	0.2	CHAMPERY VS	4.3	46.19	6.92	earthquake	manual	SED
2019-12-24 00:27	0.6	CHAMPERY VS	4.9	46.20	6.92	earthquake	manual	SED
2019-12-07 20:36	1.4	CHAMPERY VS	3.0	46.20	6.93	earthquake	manual	SED
2019-11-13 00:46	0.6	Martigny VS	6.0	46.14	7.05	earthquake	manual	SED

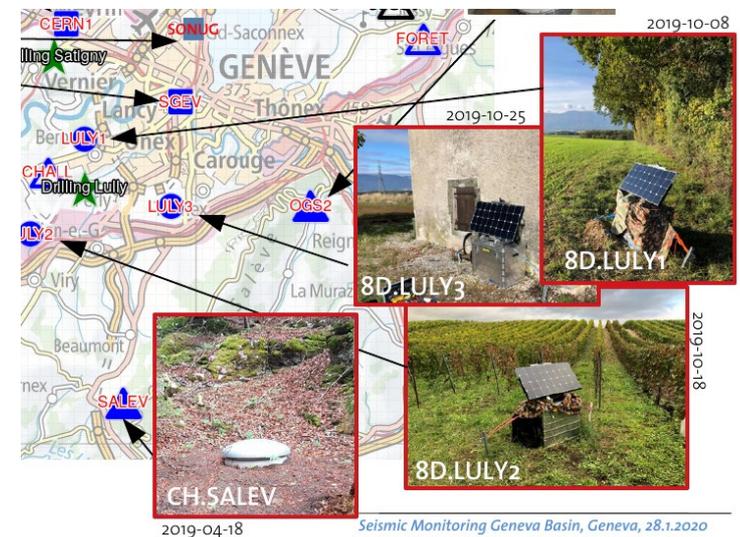
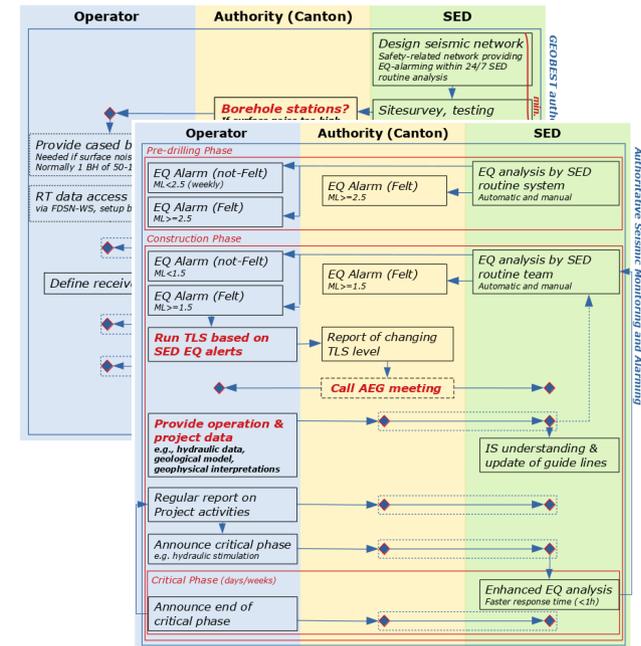
Merci pour votre
attention !

Comment puis-je participer à GEOBEST2020+ en tant que canton?

Participation à GEOBEST2020+

- Les services offerts par le SED dans le cadre de GEOBEST2020+ ne sont pas couverts par son mandat de base.
- Sans le soutien financier de GEOBEST2020+, le SED n'est actuellement pas en mesure d'offrir ces services.
- Le financement du projet dépend de la demande et des besoins des autorités cantonales.
- La surveillance sismologique de base est couverte par les instruments du pool GEOBEST et doit être planifiée à moyen et long terme.
- Si vous souhaitez mettre en œuvre la géothermie profonde dans votre canton à court ou à long terme et faire appel aux services du SED décrits ci-dessus, nous serions heureux que vous nous contactiez :

geobest@sed.ethz.ch



Participation à GEOBEST2020+

- Les services GEOBEST2020+ sont généralement gratuits pour les cantons.

Seuls les forages (généralement non nécessaires) et les analyses sismologiques détaillées complexes pour la surveillance sismologique de base ne font pas partie actuellement de GEOBEST2020+.

- Les cantons qui souhaitent utiliser les services de GEOBEST2020+ signent un contrat de service avec le Service Sismologique Suisse de l'ETH Zurich.

Celui-ci garantit les services décrits pour le canton et régule le flux d'informations entre les principaux acteurs.

- Contactez nous !

geobest@sed.ethz.ch

