

GÉOTHERMIE PROFONDE À HAUTE-SORNE



Commission de suivi et d'information (CSI)

19 décembre 2022

ORDRE DU JOUR

1. Accueil et approbation de l'ordre du jour	5'
2. Adoption du procès-verbal de la séance du 15 novembre 2022	5'
3. Validation de la modification du règlement (proposition Boécourt, art. 5 al. 2)	5'
4. Informations et discussion générale (debriefing) sur le suivi de la séance du 15 novembre 2022	20'
5. Publicité des travaux de la CSI et concept de communication	25'
6. Première information sur la thématique « production d'énergie » et discussion	10'
<i>Pause</i>	15'
7. Première information sur la thématique « gestion de l'eau » et discussion	15'
8. Première information sur les thématiques « risque sismique et établissement des preuves et assurances » et discussion	55'
9. Divers	

Séance suivie d'un point presse puis d'un apéritif

ACCUEIL ET APPROBATION DE L'ORDRE DU JOUR



Pascal Mahon, président de la Commission
de suivi et d'information

ADOPTION DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 15 NOVEMBRE 2022



Pascal Mahon, président de la Commission
de suivi et d'information

VALIDATION DE LA MODIFICATION DU RÈGLEMENT



Proposition Boécourt, art. 5 al.2

DEBRIEFING SUR LE SUIVI DE LA SÉANCE DU 15 NOVEMBRE 2022



PUBLICITÉ DES TRAVAUX DE LA CSI ET CONCEPT DE COMMUNICATION



Pascal Mahon, président de la Commission
de suivi et d'information

SITE INTERNET DE LA CSI : QUELQUES INFORMATIONS

Trois devis ont été demandés auprès d'entreprises JU :

- ☐ Artionet
- ☐ Pomzed
- ☐ Step-one

Parmi celles-ci, l'offre d'**Artionet**, composée des options ci-dessous, est préférée.

- FormBuilder (*création de formulaires*)
- Object (*création de structures de données*)
- News (*diffusion d'actualités*)
- Création d'un logo
- Sitemap (*permet un aperçu général*)
- FAQ (*questions-réponses*)
- Secured Area (*zone sécurisée de partage*)



Montant total d'environ CHF 12'000 (y c. hébergement et maintenance)

PREMIÈRE INFORMATION SUR LA THÉMATIQUE «PRODUCTION D'ÉNERGIE**» ET DISCUSSION**

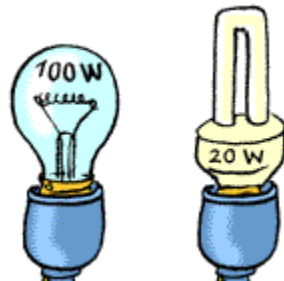
Pierre Brulhart, chef de la Section de l'énergie du Service du
développement territorial

Olivier Zingg, chef de projet Suisse romande
Geo-Energie Suisse

Ne pas confondre Watt et kilowattheure

- Le Watt (W)

- Unité de puissance
- Quantité d'énergie consommée ou produite chaque seconde ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$)
- Une ampoule de 100 watts consomme chaque seconde cinq fois plus d'énergie qu'une ampoule de 20 Watts.



- Le kilowattheure (kWh)

- Unité de quantité d'énergie
- Kilo-Watt-heure (kWh) signifie 1000 watts pendant une heure
- Dix vieilles ampoules de 100 W allumées pendant une heure consomment 1 kWh



Production d'électricité durant l'année

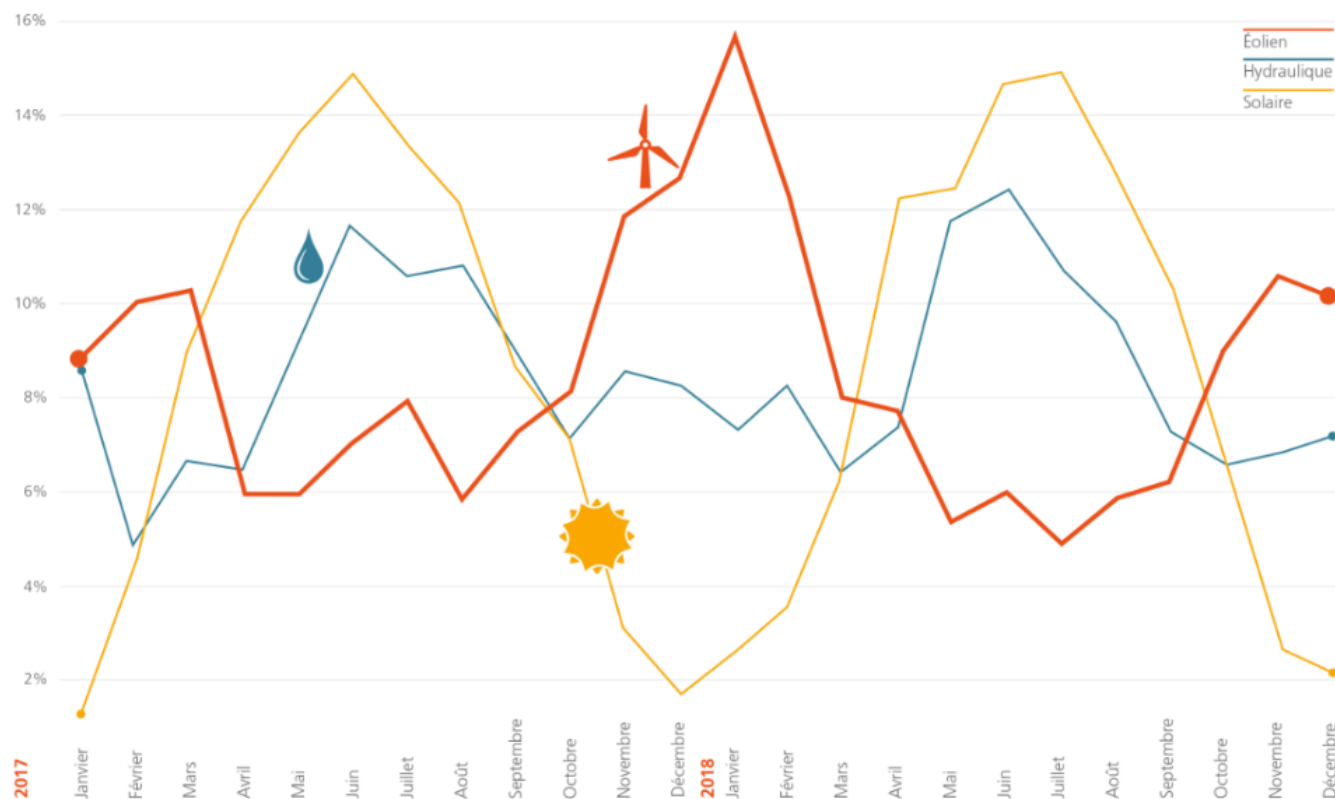
- Centrale nucléaire
- Hydraulique, éolien et photovoltaïque

FACTEUR DE CHARGE PAR TYPE DE RÉACTEUR



source : aiea

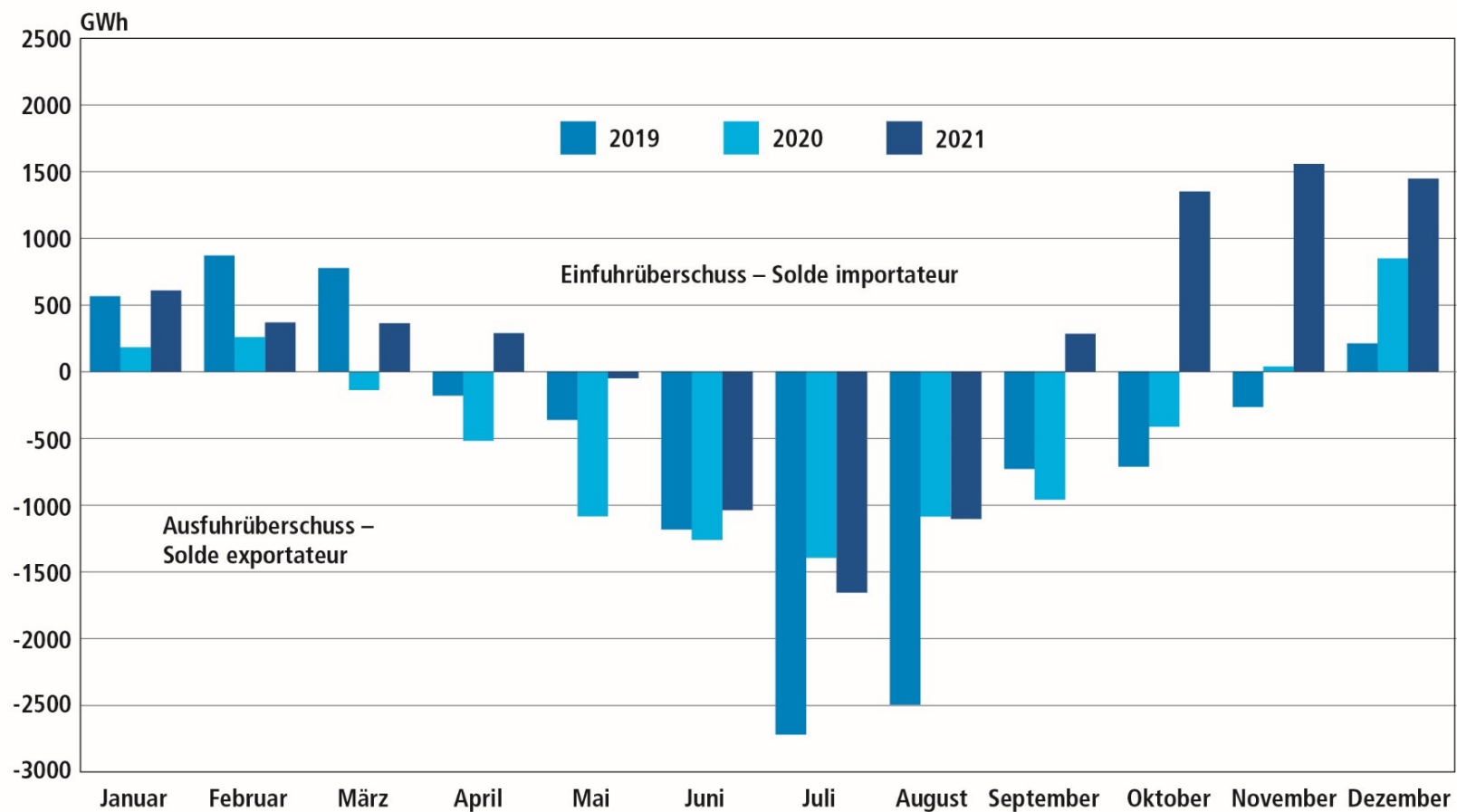
Profils de production d'électricité pour l'énergie hydraulique, éolienne et solaire
Suisse 2017-2018 (% de leur production annuelle)



source : OFEN

Import/export

Fig. 20 Einfuhr- und Ausfuhrüberschuss (Monatswerte)
Solde importateur/exportateur (chiffres mensuels)



Quelques installations jurassiennes (électricité)

Centrale	Technologie	Puissance [kW]	kWh/kW	Production* [kWh]
La Goule	Force hydraulique	5000	4400	22'000'000
La Grande Ecluse	Force hydraulique	132	4285	565'700
Parc éolien de St-Brais	Eolien	4100	1911	7'837'000
Centrale GEFCO	Photovoltaïque	6688	980	6'555'000
Maison individuelle à Glovelier	Photovoltaïque	7,13	999	7125
Centrale de Bure	Biomasse	700	5707	3'995'500
<i>Centrale de Glovelier (estimation)</i>	<i>Géothermie profonde</i>	<i>3-5000</i>	<i>8000</i>	<i>24-40'000'000 (estimation)</i>

* Pour les centrales en service, valeurs 2021

Situation et objectifs énergétiques JU

	Situation		Objectifs	
<i>[données en GWh]</i>	<u>2010</u>	<u>2020</u>	<u>2026</u>	<u>2035</u>
Consommation d'électricité	500	525	530	570
Production d'électricité	60	120	240	400
Taux d'autonomie électricité	12%	23%	45%	70%
Consommation de chaleur	999	885	800	660
Production de chaleur	109	200	240	440
Taux d'autonomie chaleur	11%	23%	30%	67%

Informations complémentaires : www.jura.ch/cce

Production d'énergie

Scénario de base

- ❑ Priorité (si faisable) à la production électrique pour les 15 premières années (RPC). Valorisation possible en cascade de la chaleur pour $T^{\circ} < 70 - 80^{\circ}\text{C}$ (chauffage, agriculture, industrie etc.) Après 15 ans, priorité chaleur ou électricité à déterminer.

Alternatives

- ❑ En cas d'arrêt du projet après la phase d'exploration, une sonde géothermique profonde pourrait être installée dans le forage avec une puissance thermique de 0.3 - 0.4 MW. Usage: agriculture, séchage de bois, etc.
- ❑ En cas de poursuite du projet mais de succès partiel (p.ex. débits plus faibles qu'attendus), une production de chaleur uniquement serait envisageable.
- ❑ *[L'Exploitant] procède à des études de faisabilité technique et économique, en parallèle de la phase d'exploration, d'une centrale à biomasse qui pourrait être réalisée en complément de la centrale géothermique ou à la place de celle-ci, si les résultats de la phase d'exploration devaient s'avérer négatifs afin de garantir, sur le site du Projet, une production d'énergie renouvelable pour la région et de valoriser une ressource indigène. (Convention 17 juin 2022, art. 17.1.2)*

PAUSE DE 15 MINUTES



PREMIÈRE INFORMATION SUR LA THÉMATIQUE «GESTION DE L'EAU» ET DISCUSSION

Olivier Zingg, chef de projet Suisse romande
Geo-Energie Suisse

Patrice Eschmann, chef d'Office
Office de l'environnement

Les besoins en eau du projet – Phase d'exploration

Durant la phase d'exploration (2023-2025), les besoins en eau du projet sont estimés à environ 5'000 m³ au total, soit 4.5 m³ /j en moyenne:

- Besoins du chantier pour les travaux de génie civil
 - Eau sanitaire
 - Préparation de la boue de forage
 - Tests de stimulation
-
- Ces besoins sont comparables à ceux d'autres chantiers ou industries
 - Ils représentent moins de 1% de la consommation de la commune de Haute-Sorne.
 - Ils seront potentiellement réduits jusqu'à 30% par la récupération de l'eau de pluie sur le site.
 - **L'alimentation est donc prévue par le réseau communal. Elle sera suspendue en cas de pénurie d'eau**

Les besoins en eau du projet – Phase de réalisation

Les besoins en eau du projet durant la phase de réalisation (2026-2027) pour la stimulation du réservoir seront calculés sur la base des résultats des tests de stimulation de la phase d'exploration. On peut les estimer de manière conservative à un maximum de 100'000 m³.

- Volume maximal estimé de 5'000 m³ par étape de stimulation, soit 150'000 m³ pour 30 étapes. Environ 1/3 de l'eau utilisée par étape peut être réutilisée pour l'étape suivante, ce qui représente un besoin d'environ 100'000 m³ au total. Ces besoins justifient un prélèvement dans le milieu naturel.
- Sur la base des données actuellement disponibles, un prélèvement de 100'000 m³ réparti sur 6 mois (556 m³/j) représente moins de 4% du débit d'étiage moyen du Tabeillon.
- Ces besoins représentent une estimation haute. Pour comparaison, les 3 étapes de stimulation du projet FORGE en Utah en avril 2022 étaient de l'ordre de 500 m³ par étape.
- Les valeurs du dossier d'autorisation (env. 400'000 m³) avaient pour but la justification d'une demande de concession de prélèvement d'eau, calculée de manière large. Les estimations basées sur les connaissances actuelles montrent toutefois des besoins moindres. Ces estimations seront précisées ultérieurement sur la base des tests de stimulation et de modélisations.

7. Thématique «gestion de l'eau»

7.1 Etat des lieux – présentation et hydrologie du Tabeillon en aval de Glovelier

Présentation des caractéristiques du ruisseau dans le Rapport d'impact sur l'environnement (juillet 2014, pages 56 à 63, page 111)

- Qualité de l'eau en nette baisse par rapport à l'amont de Glovelier
- Tronçon «très atteint» dans sa morphologie
- Prise d'eau et concession déjà existantes (pépinière)
- Modélisation du débit (pas de station de mesure) et fixation d'un débit d'étiage
- Danger crues moyen (zone bleue)
- Mesures complémentaires de compensation écologique évoquées et imposées par ENV, modalités à reprendre.

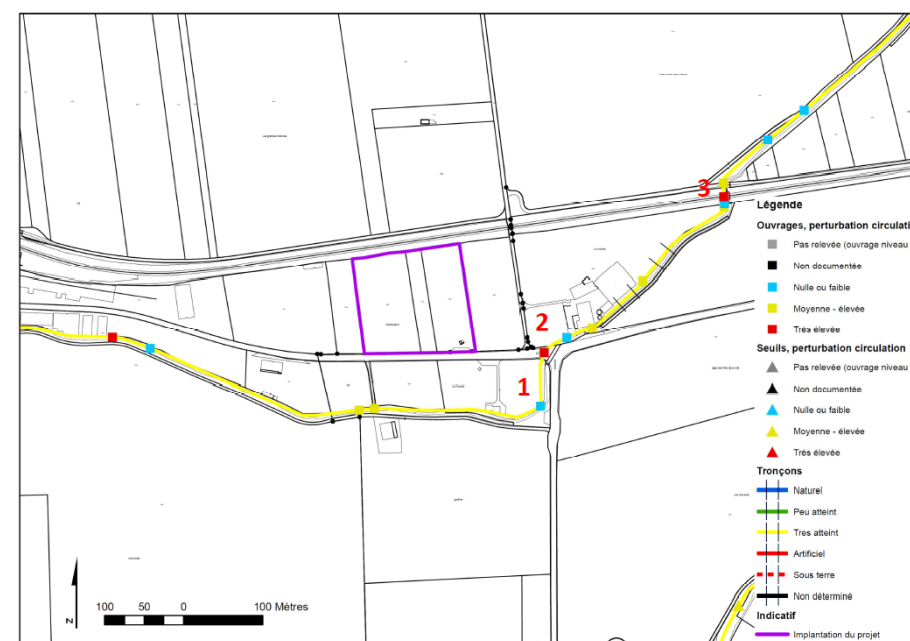


Figure 24 Eco-morphologie du cours d'eau (Sources : SIT-JU, données éco-morphologie et cadastre MO)

7. Thématique «gestion de l'eau»

7.2 Etat des lieux – Concession d'eau sur le Tabeillon de 2014

Procédure

- Autorisation ENV 969/2014 : aucune condition quant au Tabeillon

« L'octroi d'une concession pour l'utilisation d'eau d'usage avec prise d'eau dans le Tabeillon fait l'objet d'une procédure séparée ».

- Demande de concession déposée début 2014, avec publication au JO en 2015
 - Suite aux oppositions et recours : mise en attente du projet, concession non octroyée
 - Nouvelle loi cantonale (LGEaux) en 2015, nouvelles procédures y sont définies

Caractéristiques de la demande de concession 2014

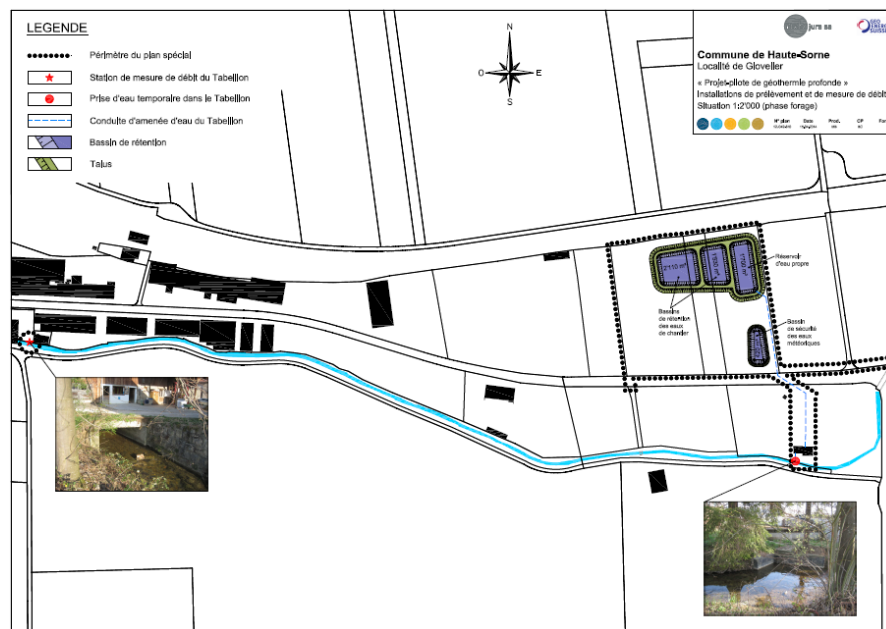
- Reprise des installations existantes, notamment la prise d'eau de la pépinière Guélat
- Débit de prélèvement demandé : **50 l/s**
- Débit d'étiage Q_{347} calculé entre 150 -250 l/s par modélisation (extrapolation sur la base des données de la station hydrométrique de la Sorne à Delémont)
 - Q_{347} a été admis à **194 l/s**, avec mention qu'il sera précisé avec le temps
- Débit résiduel minimal (Q_{rsdl}) défini selon art. 31 LEaux : 130 l/s pour un Q_{347} à 160 l/s + 4,4 l/s par tranche de 10 l/s
 - Q_{rsdl} a été fixé à **143 l/s**

7. Thématique «gestion de l'eau»

7.2 Etat des lieux – Concession d'eau sur le Tabeillon de 2014

Prévu : installation d'une station de mesure de débit en continu sur le Tabeillon

- Monitoring des débits clés permettant d'adapter le prélèvement
- En-dessous de 194 l/s, diminution proportionnelle du débit de prélèvement
- Dès le Q_{rsdl} de 143 l/s atteint, plus aucun prélèvement possible
- Doit aussi permettre de préciser le Q_{347} modélisé avec les mesures en continu



7. Thématique «gestion de l'eau»

7.3 Prochaines étapes

Procédure

Relance de la procédure

Mesure anticipée

Installation en 2023 de la station de mesure en continu sur le Tabeillon.

- Prise de données sur 1 à plusieurs années avant un éventuel prélèvement
- Permettra de définir d'une manière robuste la valeur du débit d'étiage Q347
- Permettra une évaluation de l'hydrologie mensuelle du cours d'eau, mise en évidences des périodes favorables à un prélèvement
- Permettra de redéfinir le débit de prélèvement au vu des nouvelles quantités d'eau nécessaire au projet

Les besoins en eau du projet – Phase de réalisation - Alternatives

Comme indiqué précédemment, les besoins en eau les plus importants ne seront pas présents avant la stimulation du réservoir prévue en 2026.

- Nous proposons d'étudier en parallèle de la phase d'exploration des alternatives possibles à un approvisionnement en eau à partir du Tabeillon.
- Si une meilleure alternative peut être trouvée et autorisée nous sommes prêts à abandonner le prélèvement dans le Tabeillon au profit de cette solution alternative.
- Création d'un groupe de travail ?

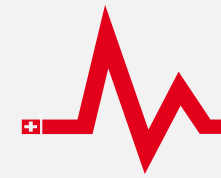
PREMIÈRE INFORMATION SUR LES THÉMATIQUES «RISQUE SISMIQUE ET ÉTABLISSEMENT DES PREUVES ET ASSURANCES**» ET DISCUSSION**



Philippe Roth, Service Sismologique Suisse

Olivier Zingg, chef de projet Suisse romande
Geo-Energie Suisse

Christophe Badertscher, responsable du domaine Installations et Activités
humaines à l'Office de l'environnement



Schweizerischer Erdbebendienst
Service Sismologique Suisse
Servizio Sismico Svizzero
Swiss Seismological Service

ETH zürich

La Suisse des tremblements de terre

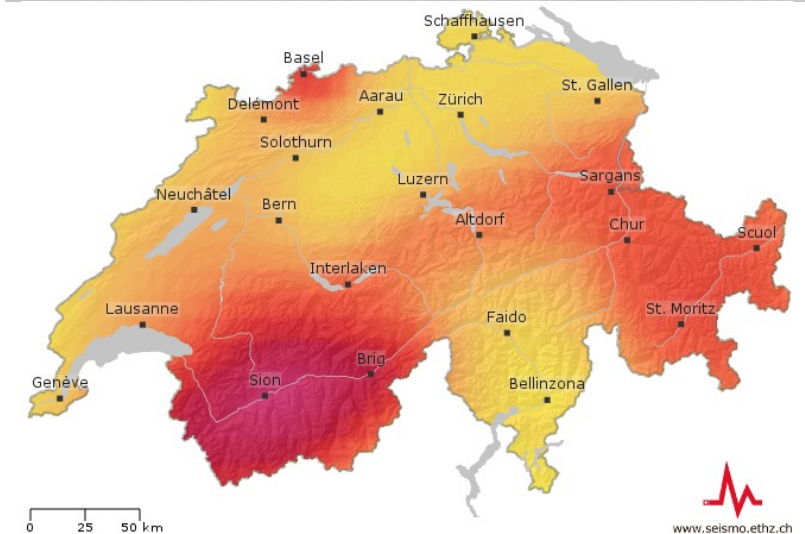
Service Sismologique Suisse à l'ETH de Zurich



Philippe Roth

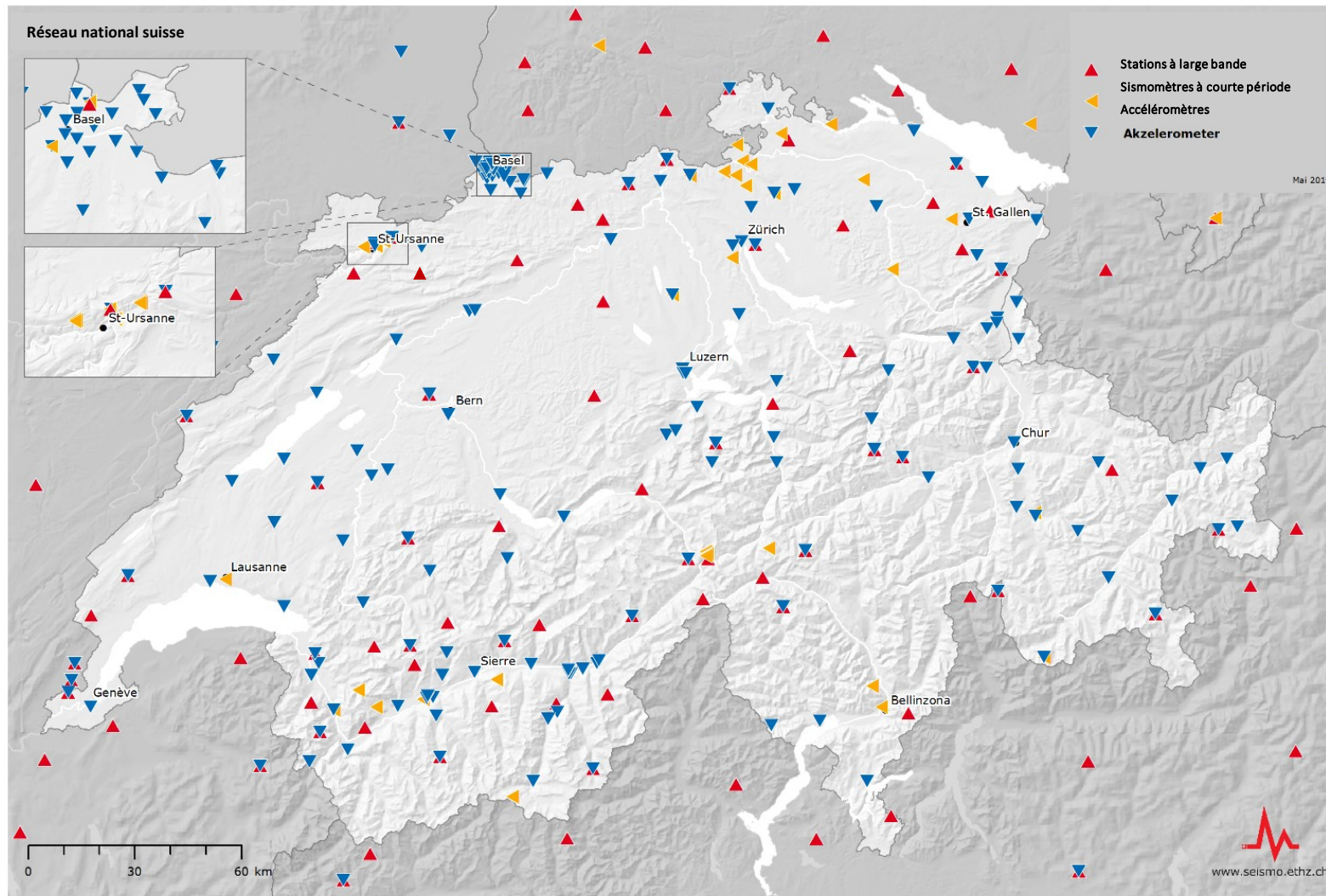
Le Service Sismologique Suisse (SED) à l'ETH de Zurich

- Institution fédérale compétente en matière de tremblements de terre.
- Surveillance des séismes naturels et induits
- Quantification de l'aléa et du risque sismique
- Alarme et information pour les autorités, le public et les médias
- Recherche et enseignement



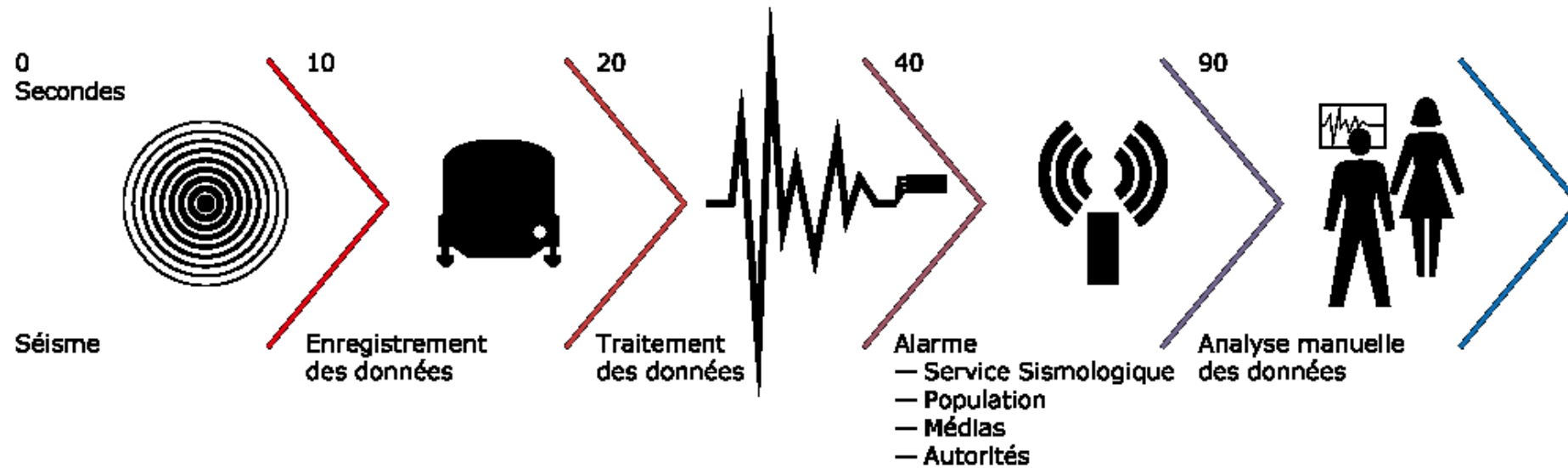
Réseau sismique de la Suisse

Plus de 200 stations sismiques

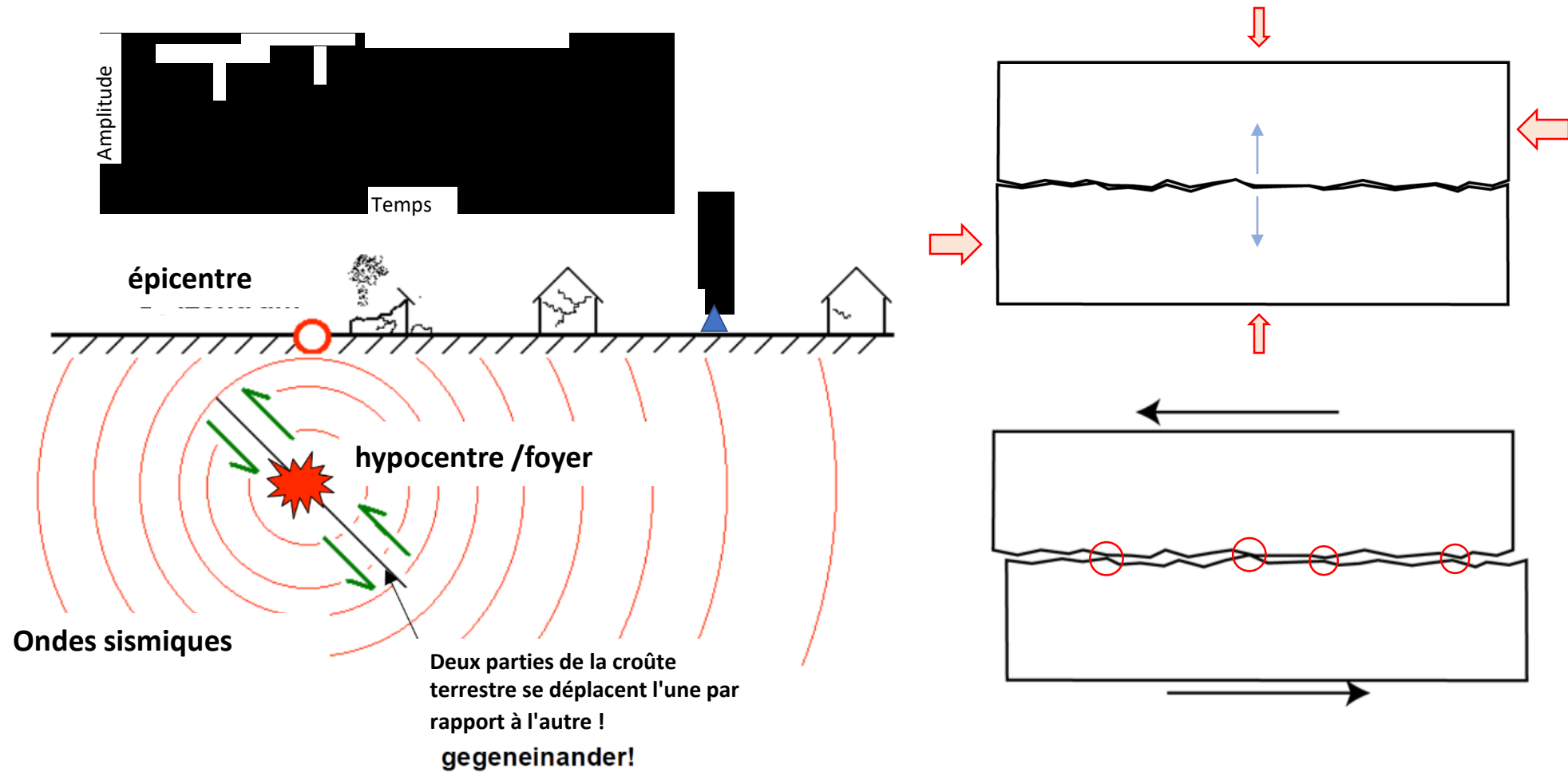


Alerte et information

Information « Que s'est-t-il passé? » dans les 2 minutes qui suivent



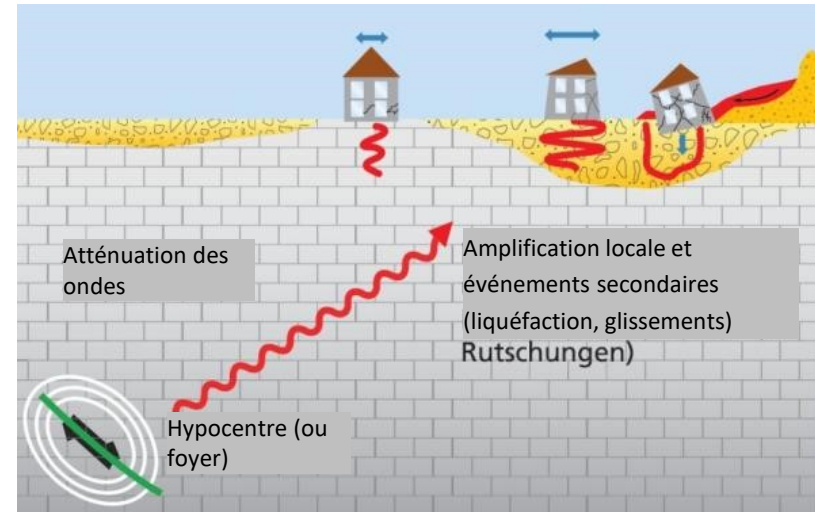
Que se passe-t-il au foyer d'un tremblement de terre?



Conséquences d'un tremblement de terre

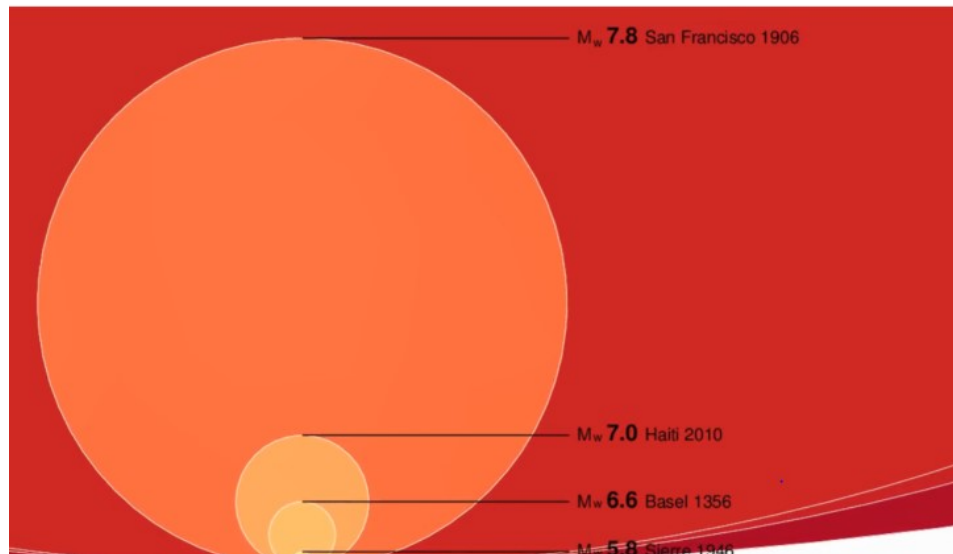
Elles peuvent être très différentes selon:

- Sa magnitude
A partir d'une magnitude de 5, on peut s'attendre à des dégâts
- Sa distance et sa profondeur
Plus on est près de la faille (du foyer), plus on risque de fortes secousses
- La géologie locale
Plus le sol est meuble (« mou »), plus le risque de dégâts est important (amplification des ondes)



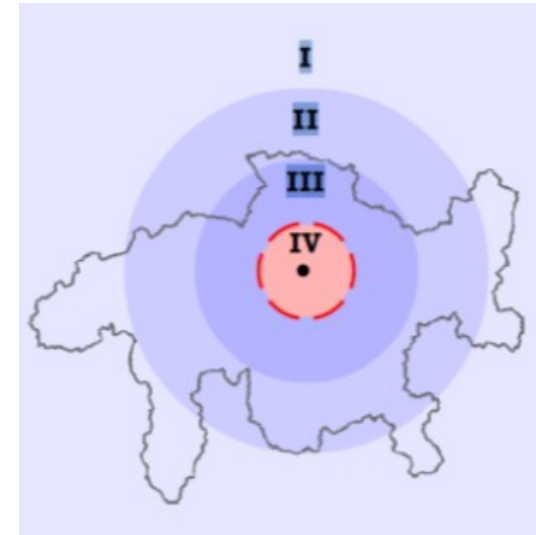
Magnitude...

- Charles Francis Richter
- Mesure l'énergie et la taille de la source
- **Une** valeur par séisme
- 2 = petit, 4 = moyen, 6 = grand, 8 = très grand
- Un séisme de magnitude 4 libère 1000 fois plus d'énergie qu'un séisme de magnitude 2



et intensité

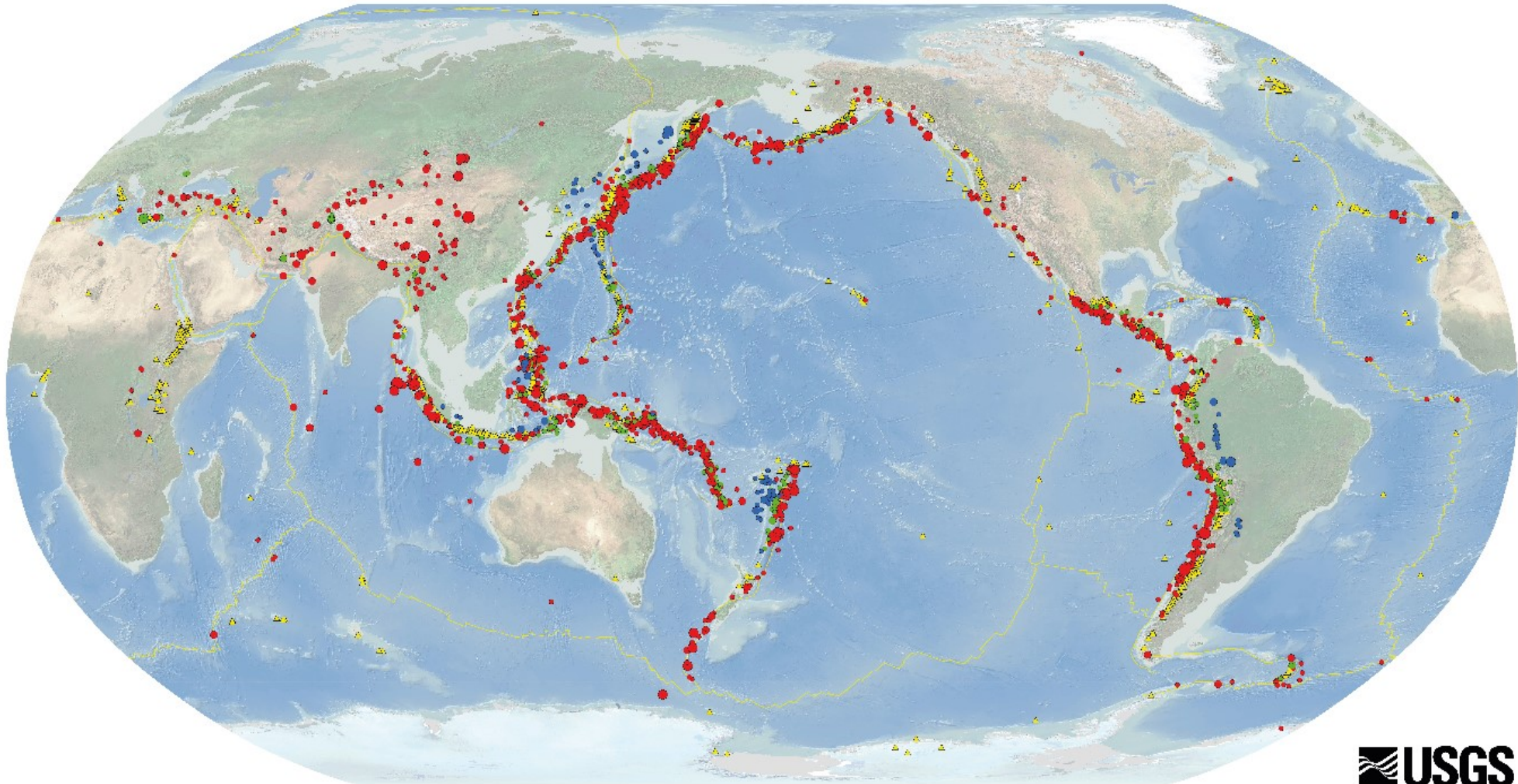
- Mercalli, MSK; EMS98, I-XII
- Effets d'un séisme à la surface
Souvent le seul moyen pour estimer la taille des séismes historiques
- **Plusieurs valeurs** pour un seul tremblement de terre
- p.ex. IV léger ressenti, VI = dégâts légers, VIII = dégâts



Les plaques tectoniques

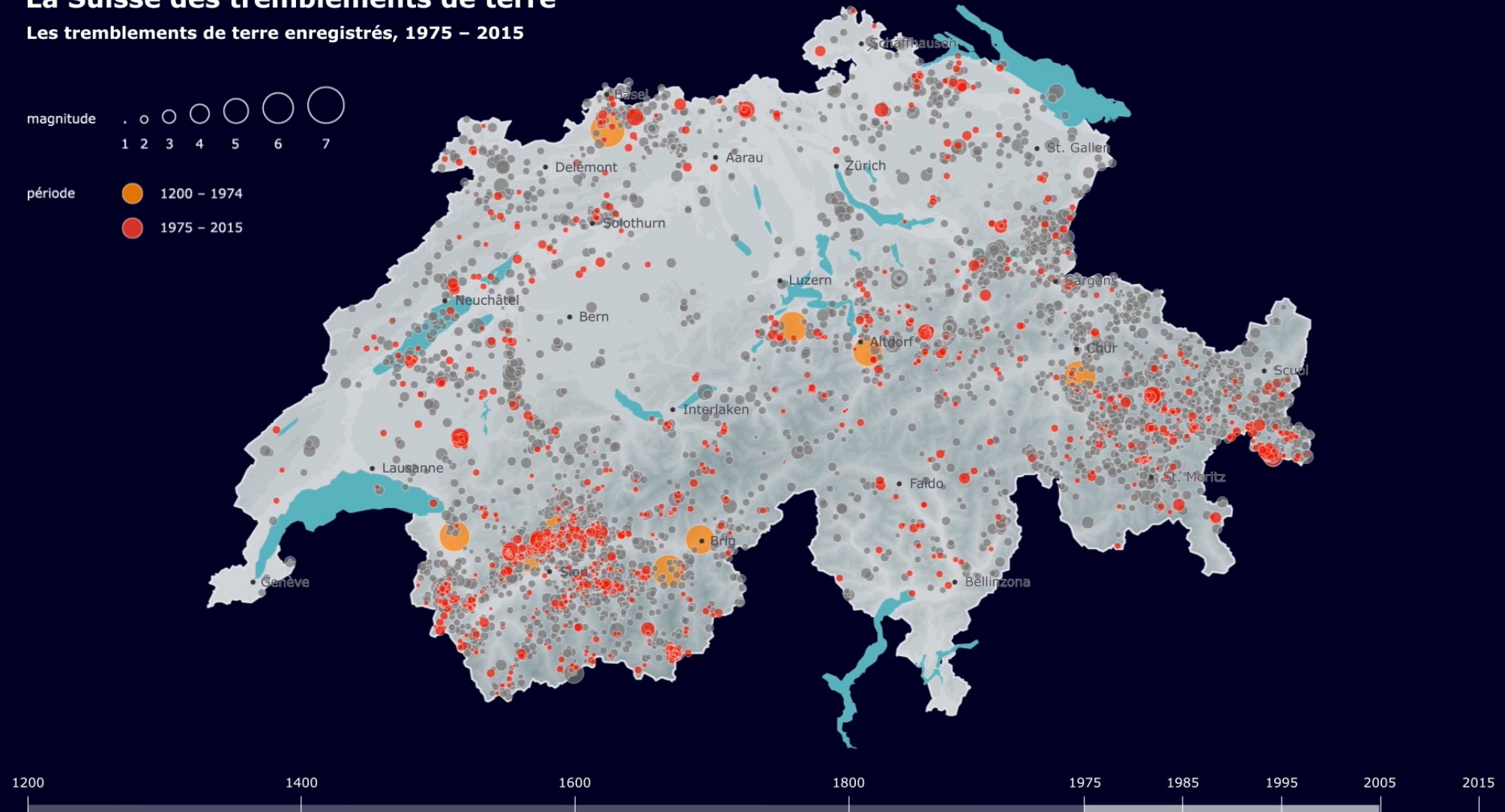
La plupart (90%) de tous les séismes se produisent le long de la «ceinture de feu»

Global Earthquakes 1900 - 2013



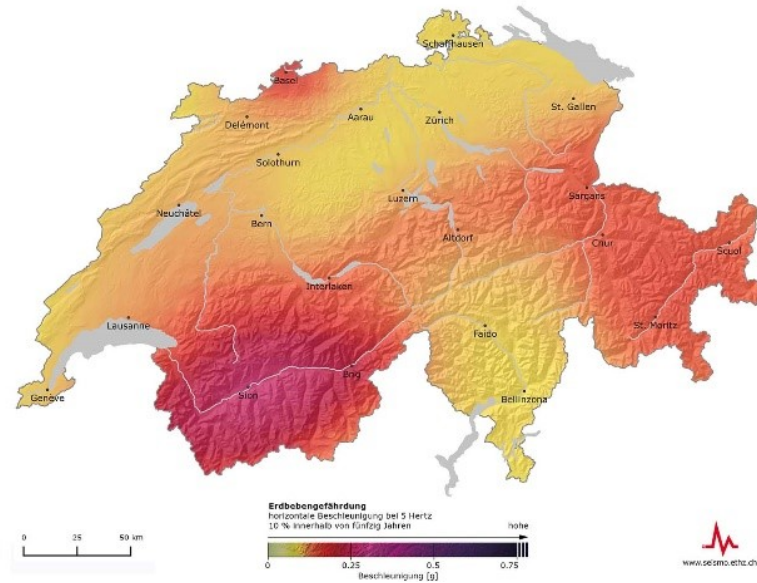
La Suisse des tremblements de terre

Les tremblements de terre enregistrés, 1755 – 2015



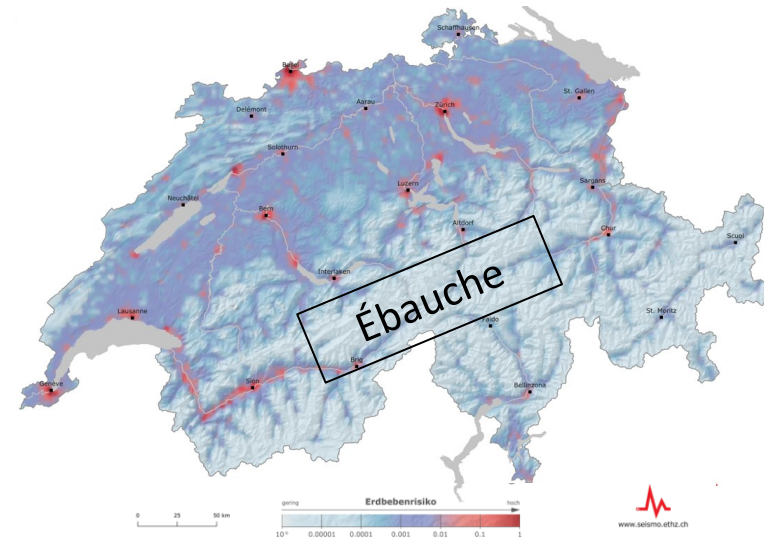
→ Des séismes peuvent se produire partout et à tout moment en Suisse!

De l'aléa...



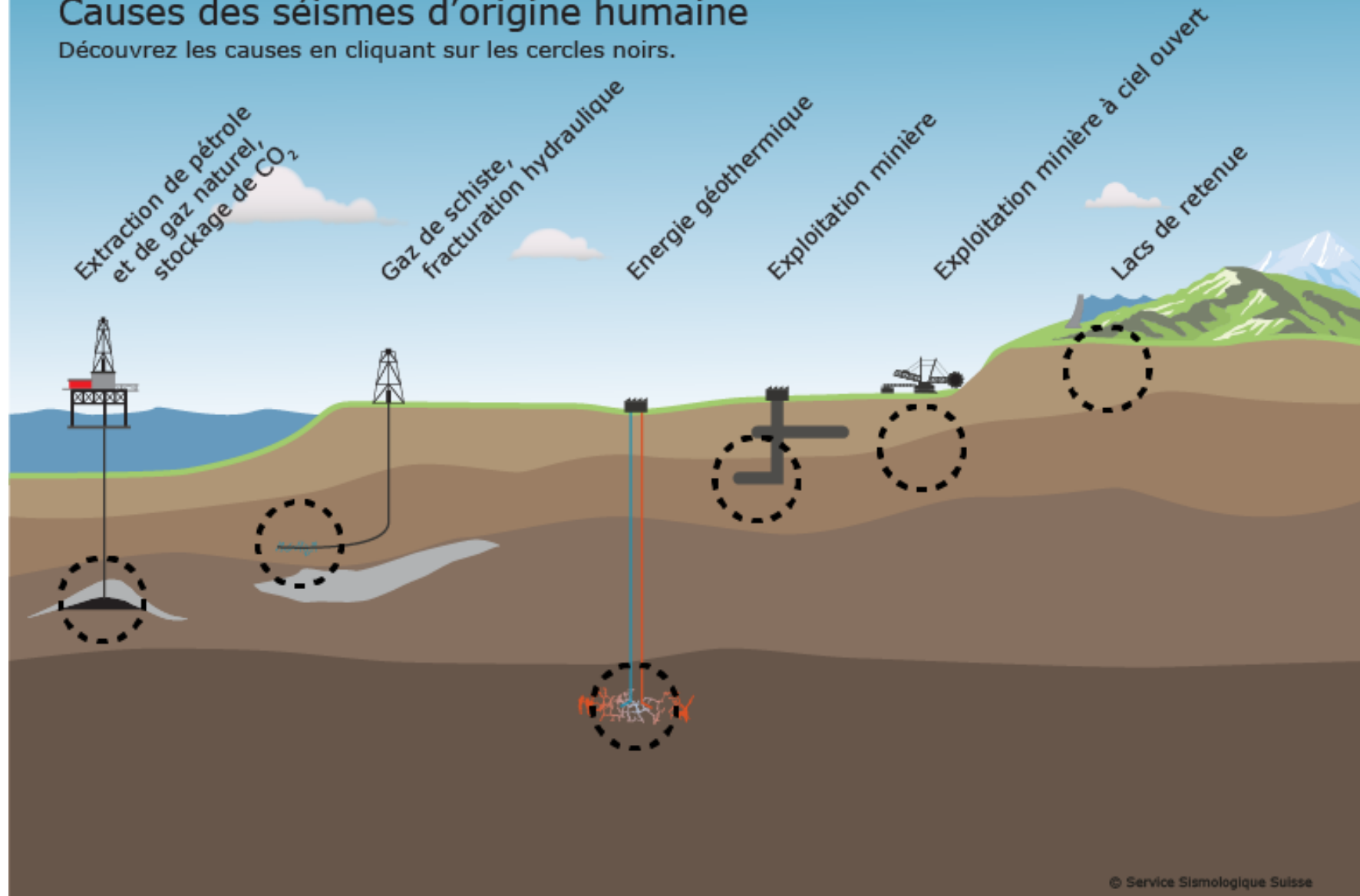
≠

...au risque sismique



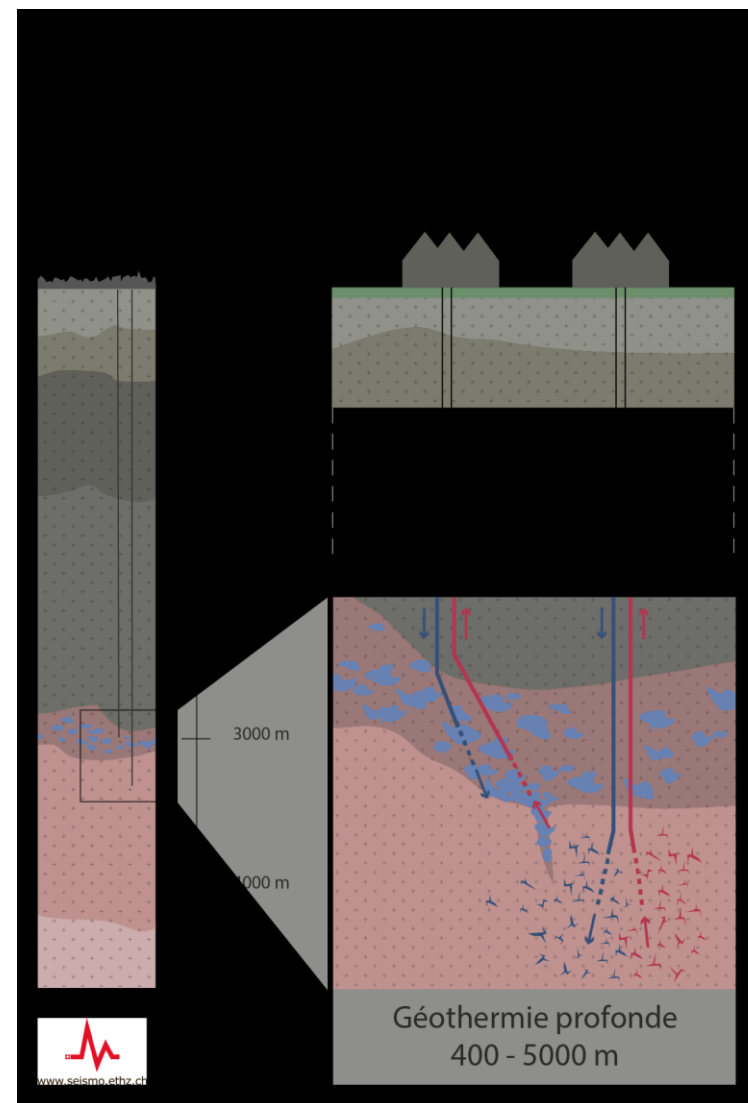
Causes des séismes d'origine humaine

Découvrez les causes en cliquant sur les cercles noirs.



Tremblements de terre et géothermie: les missions du SED

- **Pas de mandat explicite** de la confédération dans le domaine de la géothermie. C'est du ressort des cantons.
- **Soutien et conseil aux cantons** (et communes)
- Focalisation sur la **géothermie profonde** (à partir d'environ 400 m)
- Information en cas de séismes induits
- Exploitation de réseaux sismiques spécifiques pour surveiller la sismicité induite dans le cadre de projets géothermiques (par ex. Vinzel (VD), Genève, Yverdon, Bâle, St-Gall).
- Pour le projet de Haute-Sorne et mandaté par le canton du Jura, le SED a examiné les aspects sismologiques de l'étude de l'aléa et du risque et conseillé le canton dans divers domaines.



Merci de votre attention et intérêt!

www.seismo.ethz.ch



Service Sismologique Suisse (SED)

Le Service Sismologique Suisse (SED) à l'ETH de Zurich est l'institution fédérale compétente en matière de tremblements de terre. Ses activités sont intégrées dans le programme de mesures pour la mitigation des séismes de la Confédération.

Actualités



Thèmes

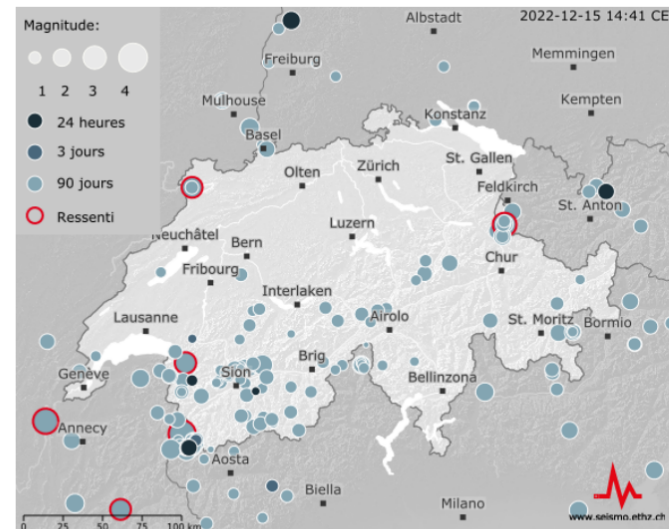


Séismes récents en Suisse

Europe

Monde

Séismes récents en Suisse



Séismes ressentis en Suisse

Heure locale	Mag.	Localité	Ressenti?
2022-11-30 12:01	1.9	Sanetschpass VS	Légèrement ressenti
2022-11-28 00:12	2.5	Leukerbad VS	Ressenti



Séismes récents

Heure locale	Magnitude	Localité
2022-12-15 13:09	1.0	Monthey VS
2022-12-15 06:12	1.9	Courmayeur I
2022-12-15 05:25	1.3	Chamonix F
2022-12-15 05:20	2.2	Freiburg im Breisgau D
2022-12-15 03:27	1.9	Oberstdorf D

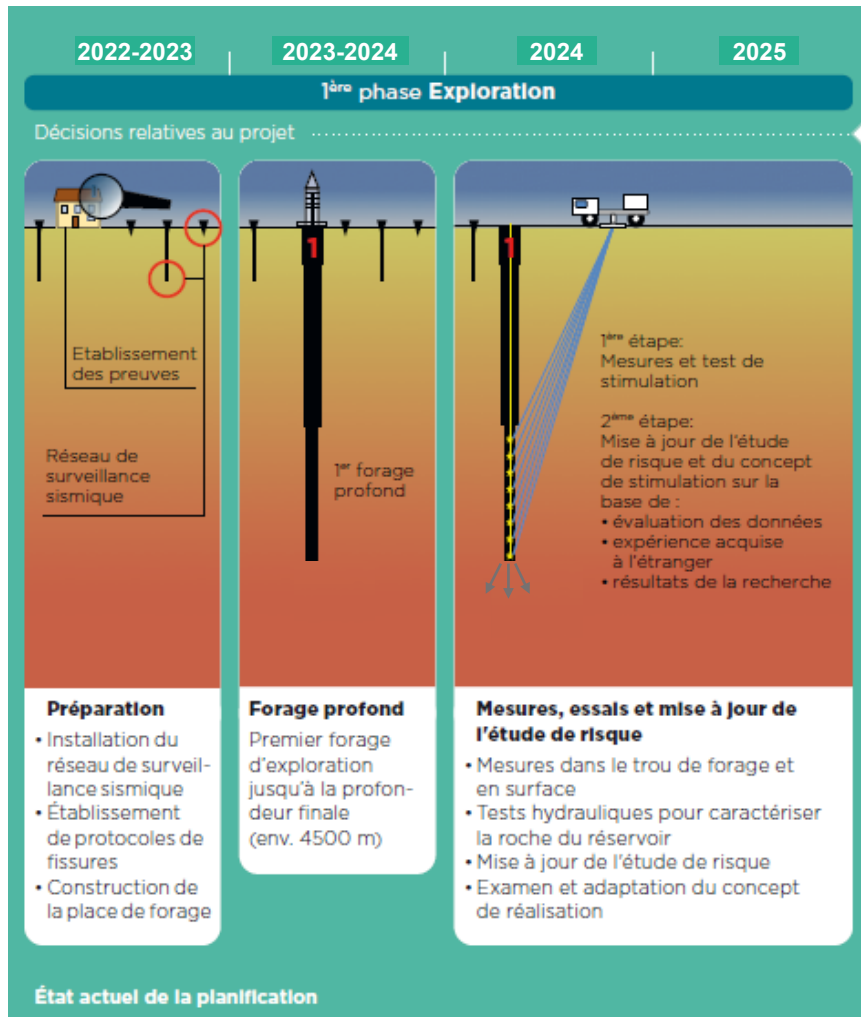
[Liste de tous les séismes](#)

Compteur de séismes Suisse

depuis 01.01.2022 **981**

-  Avez-vous ressenti un tremblement de terre ? [Signaler un séisme](#)
-  Au secours, la terre tremble ! [Que faire en cas d'événement sismique ?](#)

8.3. Le risque sismique dans le projet de géothermie de Haute-Sorne

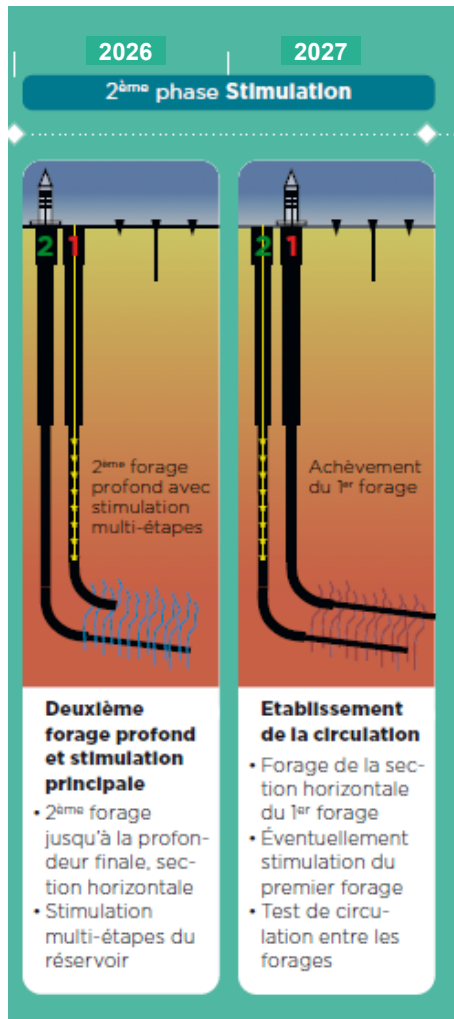


Phase I - Exploration (2022 – 2025)

→ Risque sismique très limité

- ❑ Construction de la place de forage → aucun risque sismique
- ❑ Mesures géophysiques en surface → aucun risque sismique
- ❑ Forage d'exploration et tests de stimulation → Réalisation de tests selon un protocole très prudent et sous contrôle du système de monitoring du risque sismique. Risque minimal, bien en-deçà des seuils fixés pour la stimulation principale.

8.3. Le risque sismique dans le projet de géothermie de Haute-Sorne

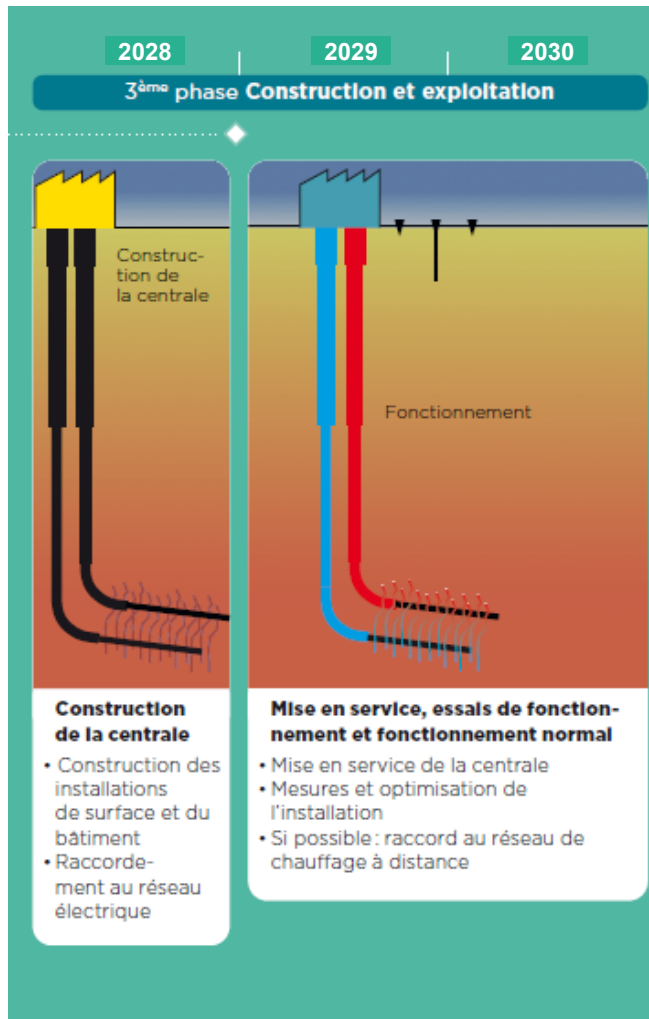


Phase II - Réalisation du deuxième forage et stimulation hydraulique du réservoir (2026 – 2027)

→ Uniquement en cas de succès de la phase I

- ❑ Stimulation par étapes du réservoir → Risque sismique présent. Etude de risque, procédures et mesures de mitigation mises à jour sur la base des résultats de la phase d'exploration, en particulier des tests de stimulation, ainsi que des expériences acquises avec le projet FORGE en Utah.

8.3. Le risque sismique dans le projet de géothermie de Haute-Sorne

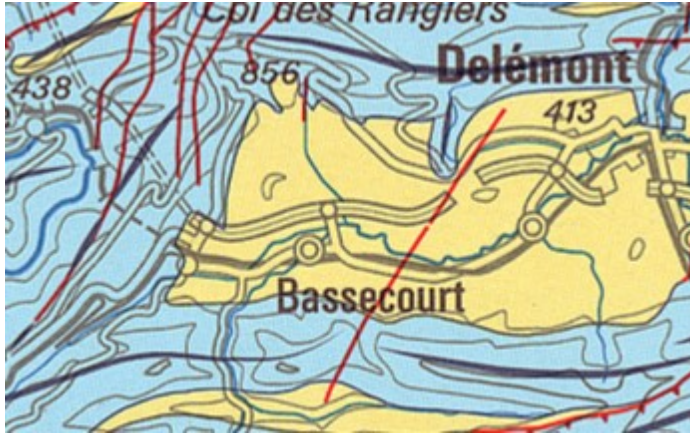


Phase III – Construction et exploitation de la centrale géothermique (dès 2028)

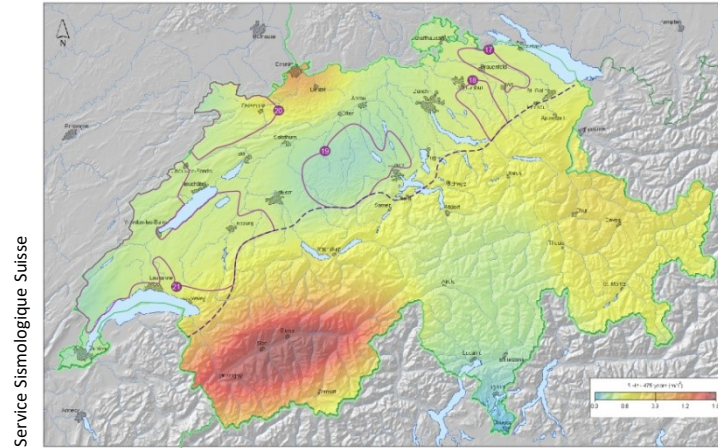
→ Uniquement en cas de succès de la phase II

- ❑ Construction de la centrale géothermique → aucun risque sismique
- ❑ Exploitation → Risque sismique présent, plus faible que durant la réalisation. Toutes les mesures de mitigation restent en place
- ❑ Les centrales géothermiques en activité dans la vallée du Rhin peuvent servir d'exemple. De la sismicité y est toujours mesurée, rarement ressentie, mais l'exploitation ne pose globalement pas de problème au voisinage.

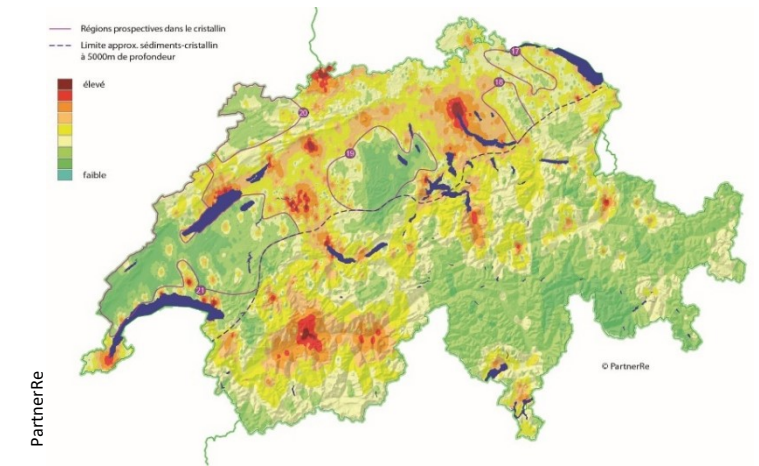
8.4. Choix du site – Aléa et risque sismique en Suisse



Zones de failles



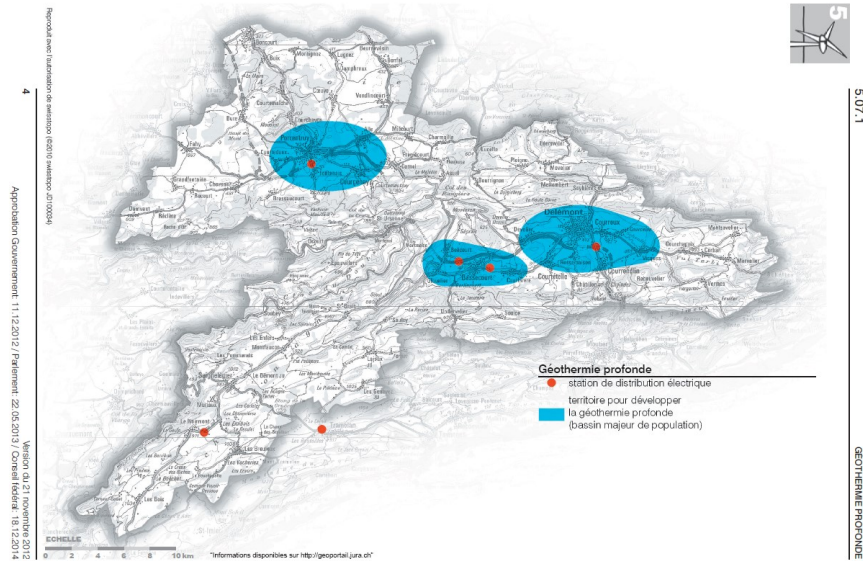
Aléa sismique



Risque sismique

- ❑ Eviter les zones de failles régionales pouvant présenter un risque sismique
- ❑ Eviter les zones de sismicité naturelle élevée «aléa sismique» et «risque sismique»
 - ➔ Plus de 120 sites potentiels considérés en Suisse pour un premier projet pilote
 - ➔ 5 sites ayant fait l'objet de démarches et procédures (TG, VD, LU, JU)

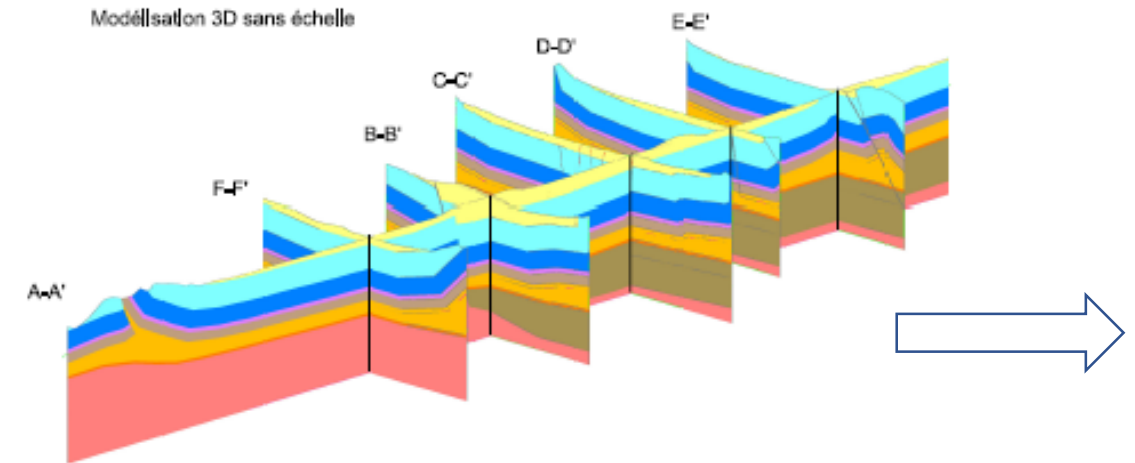
8.4. Choix du site – Haute-Sorne



Plan directeur cantonal, fiche 5.07.1

Fiche 5.07.1 «Géothermie profonde» du Plan directeur cantonal

- 3 zones prioritaires pour le développement de la géothermie profonde: Porrentruy, Haute-Sorne, Delémont
- Plan directeur validé par le Conseil fédéral



Projet de géothermie de Haute-Sorne – Rapport technique

Critères géologiques

→ Privilégier la Haute-Sorne (chance plus élevée de trouver des roches cristallines à 4'000 – 5'000 m, distance aux failles régionales)

8.4. Choix du site – Glovelier



Etude multicritères en Haute-Sorne

→ 8 sites identifiés, 3 retenus



Aménagement du territoire

→ Privilégier le site n° 6 (Glovelier) partiellement en zone d'activité et dans la prolongation de la zone industrielle (pesée des intérêts pour un changement d'affectation confirmée par la Cour administrative et le TF)

«Le site retenu pour le projet de plan spécial est celui qui présente le plus faible impact sur la zone agricole, car il est le seul partiellement en zone à bâtir (zone d'activités). L'extension de la zone à bâtir nécessaire au projet représente 9'240 m² de zone agricole, respectivement de SDA, contre environ 20'000 m² de SDA pour les autres emplacements évalués»

Haute-Sorne Plan spécial cantonal « Projet-pilote de géothermie profonde » - Rapport de conformité

8.5. Mesures de mitigation du risque sismique (1)

Mesures prévues dans le projet tel qu'autorisé en 2015

✓ Sélection du site

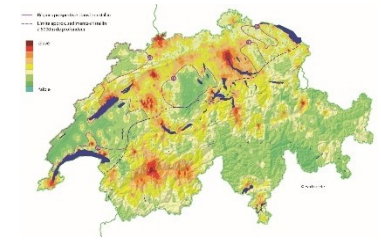
- Sismicité naturelle modérée
- Distance suffisante aux zones de failles pouvant présenter un risque sismique

✓ Etudes de risque

- Calcul des seuils d'arrêt pour éviter des dommages aux bâtiments (évalué à $M=2.6$)
- Prise en compte d'une marge de sécurité importante (arrêt des opérations à $M=2.0$)
- Calcul de probabilité de sismicité plus forte comme critère pour autorisations et assurances

✓ Réseau de surveillance sismique

- Permet de «voir» en temps réel les mouvements du sous-sol durant les travaux
- Permet de réagir et de stopper les travaux en cas d'augmentation de la sismicité

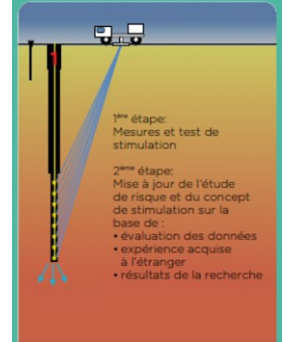


8.5. Mesures de mitigation du risque sismique (2)

Mesures prévues dans le projet tel qu'autorisé en 2015

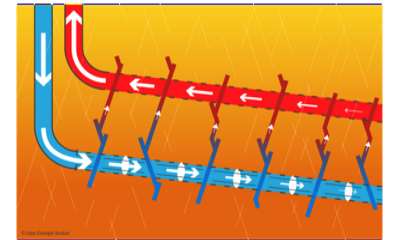
✓ Test de stimulation

- Permet de mesurer de manière prudente et contrôlée la réaction de la roche à l'injection d'eau
- Permet de mettre à jour l'étude de risque et de décider de continuer ou non



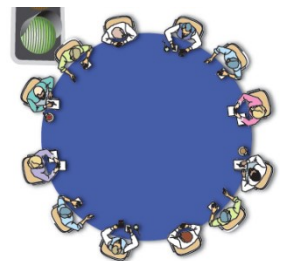
✓ Stimulation progressive par étapes de petites portions du réservoir

- Permet de réduire intrinsèquement le risque (plus petites stimulations ⇒ plus petites magnitudes et plus de temps d'observation ⇒ plus de sécurité)



✓ Réévaluation continue du risque

- Permet de vérifier les hypothèses avec des mesures effectives durant la réalisation
- Permet d'adapter ou de stopper les travaux si les hypothèses s'avèrent incorrectes
- Permet une validation par des experts externes en fonction des nouvelles connaissances



8.5. Mesures de mitigation du risque sismique (3)

Mesures complémentaires découlant des recommandations du SED (Convention 2022)

➤ Renforcement des mesures permettant d'éviter au mieux les zones de failles

- ✓ Mesures géophysiques : Elles fournissent des informations complémentaires importantes sur le sous-sol et les zones de failles à éviter.
- ✓ Analyse des données : Le projet est divisé en deux phases, séparées par une période d'au moins 12 mois. L'analyse des données de la phase d'exploration conditionne la mise en œuvre de la phase de stimulation. Elle peut aussi conduire à l'arrêt du projet.

➤ Utilisation d'instruments et de méthodes modernes et testés

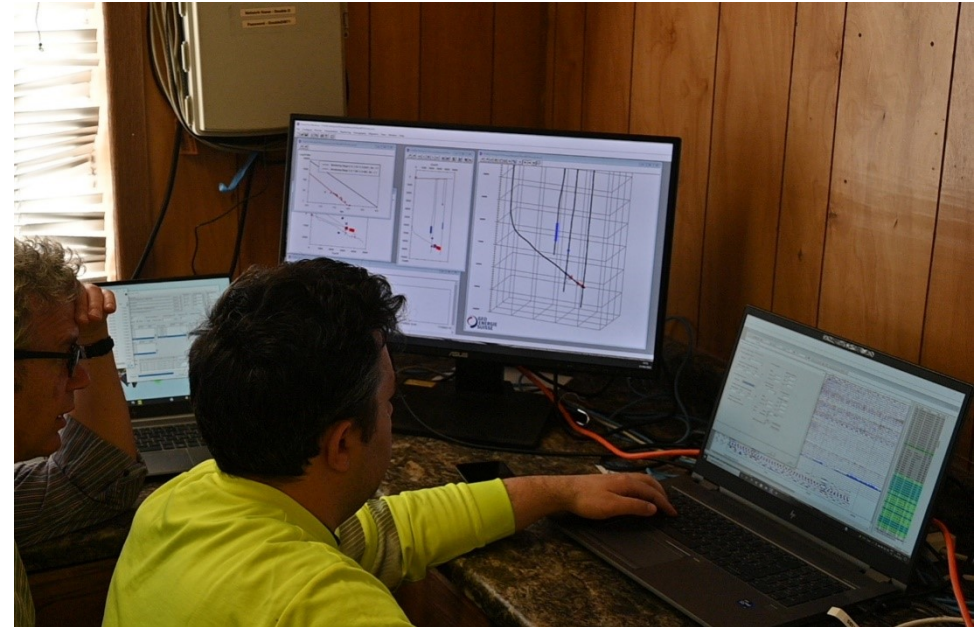
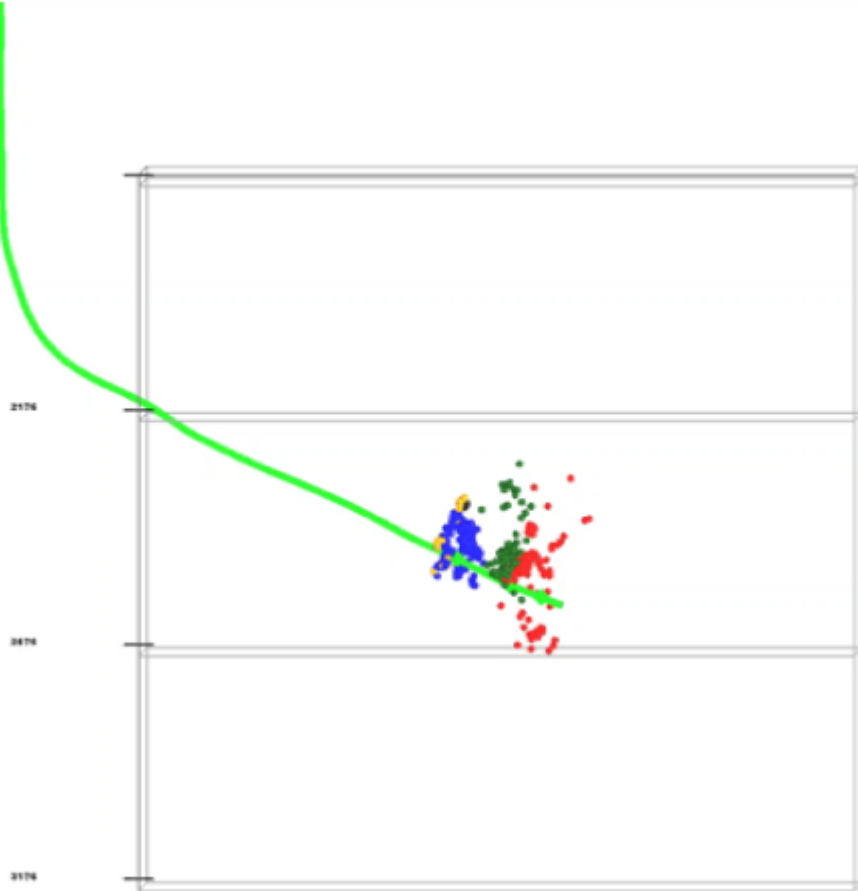
- ✓ Des mesures plus précises : De nouveaux instruments de mesure de haute précision sont utilisés directement dans les forages, ce qui permet une précision encore plus grande pour la surveillance en temps réel de la sismicité.
- ✓ Test des instruments : La simulation par étapes et les instruments de mesure sont testés et validés en Suisse et à l'étranger.

➤ Innovation

- ✓ En collaboration avec des universités en Suisse et à l'étranger, Geo-Energie Suisse travaille au développement de solutions innovantes pour réduire le risque sismique. Ce qui fonctionne est validé et ensuite utilisé comme mesure de gestion supplémentaire.

8.5. Mesures de mitigation du risque sismique (4)

Test et validation des méthodes et des instruments de mesure de la sismicité



Surveillance en temps réel de la sismicité par les sismologues de GES lors de stimulations hydrauliques du projet FORGE en Utah, avril 2022

DIVERS



CONCLUSION



Pascal Mahon, président de la Commission
de suivi et d'information