



COMMISSION DE SUIVI ET D'INFORMATION  
PROJET DE GÉOTHERMIE PROFONDE - HAUTE-SORNE

# GÉOTHERMIE PROFONDE À HAUTE-SORNE



Commission de suivi et d'information (CSI)

9 novembre 2023

# **OUVERTURE DE LA SÉANCE**



Pascal Mahon, président de la CSI

# ORDRE DU JOUR

Ouverture	
Introduction: présentation de la CSI et de ses travaux (Pascal Mahon et divers membres de la CSI)	20'
Présentation du projet et de son calendrier (Olivier Zingg)	15'
Le rôle des autorités cantonales: exemple du risque sismique (Sylvain Rigaud)	10'
Les besoins en eau du projet : cadre réglementaire (Jean Fernex et Didier Luginbühl)	10'
Questions et discussion première partie	15'
Les grandes étapes d'un forage exploratoire, de sa réalisation à son abandon: sûreté et intégrité de puits (Vincent Geyl)	30'
Les tremblements de terre: échelle de magnitude, risques et mesures de prévention (Philippe Roth)	30'
Echanges et discussions	

***Fin de la séance à 21h30***

# Règles du jeu pour le bon déroulement de la séance

- Pas de sujet tabou au sein de la CSI, toutes les questions sont légitimes
- La CSI est une instance ouverte, qui n'a pas d'a priori, de position arrêtée
- Chacune et chacun s'engage à respecter l'avis et le droit à la parole des autres et à débattre « de bonne foi et dans le respect mutuel » et à « mener des discussions dans une approche calme et constructive »

# **INTRODUCTION**

## **PRÉSENTATION DE LA CSI ET DE SES TRAVAUX**



Pascal Mahon, président

Nicole Lupi, spécialiste énergies renouvelables OFEN,  
Denis Jeannerat, Michel Lando, Thierry Lombard,  
représentants des citoyennes et citoyens  
de la Commune de Haute-Sorne

# Origine de la CSI

- Convention de collaboration, du 15 juin 2015, portant sur la planification, la réalisation et l'exploitation d'une installation-pilote de géothermie profonde pour la production de chaleur et d'électricité à Glovelier, entre la République et Canton du Jura, représentée par le Département de l'Environnement et de l'Équipement (« la RCJU »), la Commune de Haute-Sorne, représentée par son Conseil communal (« la Commune »), et Geo-Energie Jura SA (« GEJ »);
- Convention du 17 juin 2022 entre Geo-Energie Suisse AG (GES) et Geo-Energie Jura SA (GEJ), agissant conjointement et solidairement en qualité d'exploitant (« Exploitant ») et la République et Canton du Jura, représentée par le Gouvernement (« RCJU »).

# Rôle et missions de la CSI

- « Une plateforme d'information et de dialogue ayant pour but d'assurer la transparence dans les phases de planification, d'autorisation, de construction, d'exploitation et de démontage de la Centrale géothermique. Elle vise en particulier à la prise en compte des préoccupations des parties et de la population. »;
- Ou encore « la plate-forme principale de dialogue et d'échange d'opinions sur le projet, poursuivant les buts suivants :
  - assurer la transparence entière du projet et de ses phases ;
  - entendre et clarifier les positions controversées ou les questions factuelles relatives au projet à travers un processus de dialogue ;
  - informer toutes les parties prenantes ou intéressées, notamment la population. »

# Composition de la CSI

Présidée « par une personnalité neutre » (art. 2 de la Convention de 2015), la CSI est composée de 25 membres, qui représentent :

## **pour un tiers environ (9 sièges)**

- Les collectivités publiques et l'exploitant, à savoir
  - le Canton, la Commune de Haute-Sorne, par son Conseil communal, et l'exploitant (Geo-Energie Suisse AG et Geo-Energie Jura SA), avec 2 sièges chacun
  - ainsi que les communes voisines de Boécourt et de Saulcy (par leur Conseil communal) et la Confédération (l'OFEN), avec un siège chacun

## **pour un autre tiers (8 sièges)**

- des associations et organisations de la société civile – notamment associations de protection de l'environnement, des milieux économiques, etc. – intéressées (un siège chacune)

## **pour le dernier tiers (7 sièges)**

- des citoyennes et citoyens de la Commune de Haute-Sorne, désignés par le Conseil général

Certains sont favorables au projet, d'autres y sont opposés et d'autres encore n'ont pas – ou pas encore – une opinion définitive ou arrêtée à son égard. Toutes les opinions et positions sont les bienvenues.

# Les modes et méthodes de travail de la CSI

- A débuté ses travaux en novembre 2022
- 8 séances ordinaires
- Aborde certaines thématiques de fond
- Invite régulièrement des personnes extérieures, disposant d'une expertise reconnue
- Aborde les thématiques en plusieurs phases ou étapes

## Le site Internet de la CSI

- Tous les travaux de la CSI, les procès-verbaux de ses séances, ainsi que les informations qu'elle se procure et dont elle dispose, notamment les présentations des experts qu'elle invite, figurent sur le site de la CSI
- Le site comporte d'ailleurs une rubrique « foire aux questions » (FAQ), et permet à la population intéressée de participer en posant des questions
- <https://www.csi-hautesorne.ch/>

# Les thématiques abordées par la CSI

- Gestion de l'eau
- Risque sismique
- Établissement des preuves et assurances
- Protocoles de fissures
- Aménagement du site de forage et forage d'exploration
- Gestion du bruit
- Suivi environnemental de réalisation
- Géologie et campagnes de mesures géophysiques
- Données de forage, tests hydrauliques et tests de stimulation
- Sismicité et instruments de haute-précision (présence des industriels intéressés)

## Quelques exemples

- Pour chacune de ces thématiques, les informations récoltées se trouvent sur le site Internet de la CSI
- Certaines informations que la CSI a déjà pu acquérir et des constatations qu'elle a pu faire (deux diapositives suivantes)
- Fiches thématiques

## **Exemple 1 : Données de forage, tests hydrauliques et tests de stimulation et campagnes de mesures géophysiques (2D et 3D)**

- Des mesures et relevés seront réalisés tout au long de la phase exploratoire et seront analysés afin de réduire le risque sismique, d'affiner l'évaluation de ce risque et de décider de la poursuite ou non du projet
- Les campagnes de mesures géophysiques vont permettre d'améliorer les connaissances relatives à la localisation (ou absence) des grandes failles et leurs dimensions
- A partir des analyses du champ de contrainte et des données géophysiques, il sera possible de définir la meilleure trajectoire possible du puits dévié pour la phase de stimulation, trajectoire qui sera optimisée afin de réduire le risque sismique tout en permettant un développement facilité du réservoir profond

## Exemple 2 : «Sismicité et instruments de haute-précision»

- Les vibrations liées aux opérations de génie civil sont plus problématiques pour les instruments de haute précision du CERN que celles liées à la sismicité naturelle ou induite
- En dessous d'une magnitude  $M_w = 3.0$ , les conséquences d'un séisme sur les instruments de haute précision du CERN ne sont pas problématiques, ceci inclut l'accélérateur de particules (*Large Hadron Collider*) et les instruments de haute précision, d'usinage, d'imagerie et de métrologie
- Le projet de géothermie profonde de Haute-Sorne est dimensionné afin d'éviter qu'un séisme de magnitude  $M_w > 2.6$  ne survienne (condition de l'Office de l'environnement)
- Les projets récents utilisant des technologies similaires à celle qui sera en place à Haute-Sorne, tels que celui de Forge aux Etats-Unis ou d'Espoo en Finlande n'ont pas dépassé une sismicité induite de magnitude  $M_w = 2.0$
- Toute activité sismique supérieure à une magnitude de  $M_w = 2.0$  amènerait à un arrêt des opérations de stimulation hydraulique

# 6 atouts et plus-values du projet

issus des réflexions des membres de la CSI

- Energie en ruban, constante et prévisible et non dépendante de la météo
- Energie propre : sans combustion, non-émettrice de CO<sub>2</sub>, qui ne fait pas recours à des ressources minières critiques (lithium, etc.)
- Energie polyvalente (électricité et chaleur), produite localement
- Faible impact sur la nature et la biodiversité
- Acquisition de connaissances du sous-sol qui pourront profiter à des projets de géothermie de moyenne profondeur, comme celle en fonction à Riehen
- Coût d'exploitation faible et stable

# 6 défis, enjeux et risques du projet

issus des réflexions des membres de la CSI

- Gestion de l'eau (besoins en eau et prélèvements, rejets d'eaux, préservation des aquifères, étanchéité du réservoir : circuit ouvert vs circuit fermé)
- Question du montant de l'assurance (100 millions de francs)
- Risque de sismicité induite (en particulier pour les propriétaires de bâtiments et les entreprises de haute-précision installées à proximité)
- Acceptation des communautés locales, projet innovant mais expérimental, suscitant l'impression de servir de « cobayes » avant une possible extension du concept à toute la Suisse
- Enjeux temporels : même une fois le projet terminé, il pourrait y avoir des conséquences sur le moyen-long terme (suivi de la sismicité nécessaire sur quelques mois à années, temps nécessaire au renouvellement de la chaleur du réservoir)
- Nuisances, en particulier lors des phases de construction et de forage (bruit, circulation routière)

# 6 travaux à entreprendre ou sujets à approfondir

issus des réflexions des membres de la CSI

- Suivi de la gestion de l'eau (besoins, utilisations et rejets)
- Question de 100 millions de CHF (assurance RC) à approfondir
- Suivi de la mise en place du réseau d'enregistrement des ondes sismiques
- Approfondir la connaissance des intervenants du projet (entreprises, assurances, etc.)
- Haute-surveillance du projet : comment ça marche ?
- Suivi du transport et de la gestion des matériaux extraits du sous-sol

# **PRÉSENTATION DU PROJET ET DE SON CALENDRIER**



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

# Qui sommes-nous ?



Geo-Energie Suisse AG (GES) est une société regroupant plusieurs fournisseurs d'énergie suisses qui se sont engagés pour le développement de la géothermie profonde pour la production d'électricité et de chaleur en Suisse. L'entreprise a été fondée en 2010. Son siège se situe à Zurich.



Geo-Energie Jura SA (GEJ) a été fondée en 2015 avec pour objectif la réalisation du projet de Haute-Sorne. la société est domiciliée dans la commune. Ses actionnaires sont GES, ebl (Liestal), ewz (Zurich) et ewb (Berne)

Les deux sociétés sont liées contractuellement à la commune de Haute-Sorne et au canton du Jura par les conventions de 2015 et 2022 ainsi qu'à la Confédération (contribution à l'exploration)

# Le projet et de ses objectifs

Le projet pilote de géothermie de Haute-Sorne est développé par Geo-Energie Suisse depuis 2012.

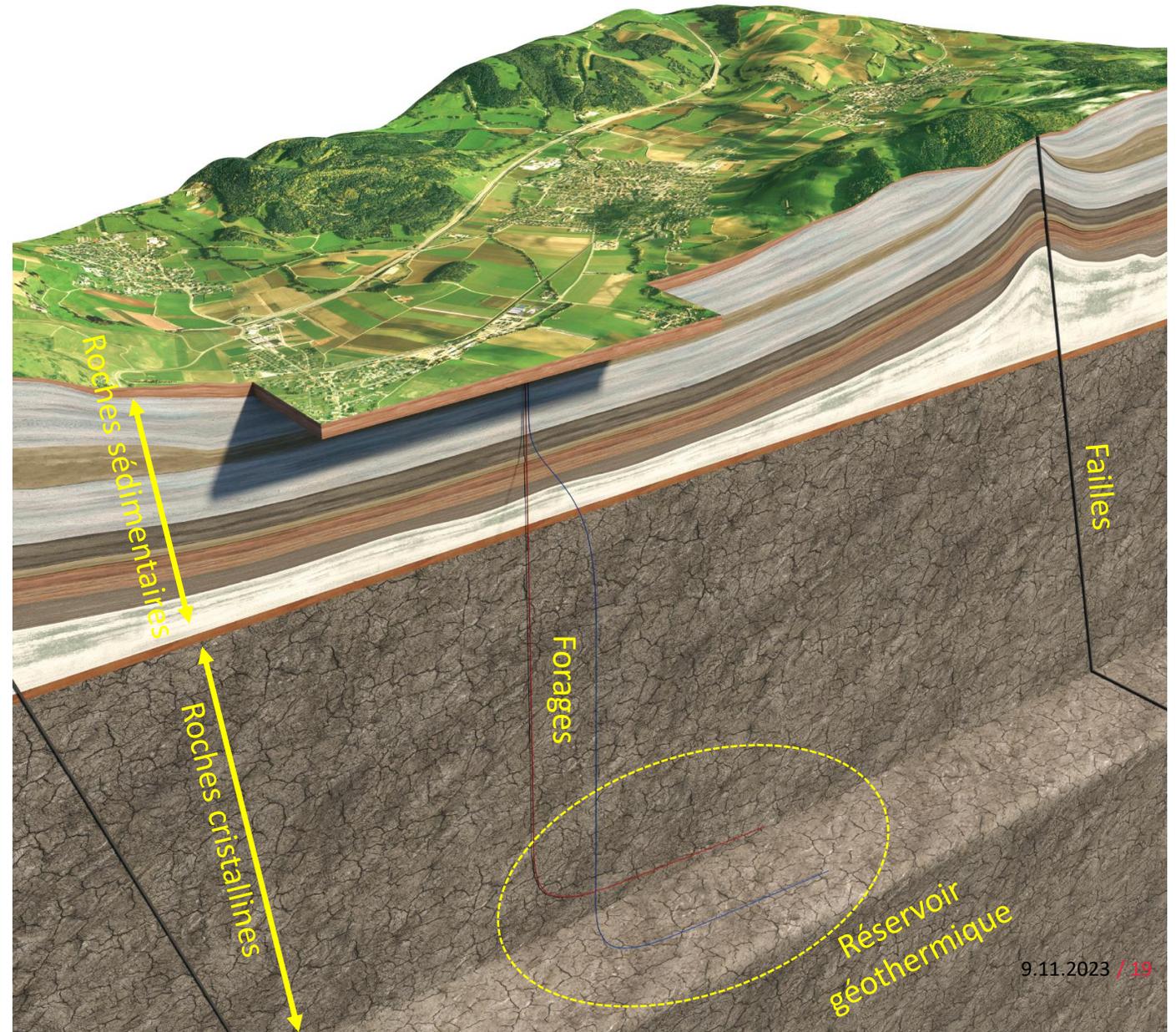
- ❑ Le projet prévoit la construction d'une centrale géothermique d'une puissance maximale de 5 MW électriques pouvant alimenter environ 6'000 ménages et fournir de la chaleur pour le chauffage urbain, l'industrie ou l'agriculture.
- ❑ Le projet entend ainsi démontrer la faisabilité technique de la géothermie profonde en Suisse pour la production d'énergie renouvelable, sans émission de CO<sub>2</sub>, locale et disponible 24 heures sur 24.



Perspective de la future centrale géothermique sur le site du projet

# Emplacement, géologie

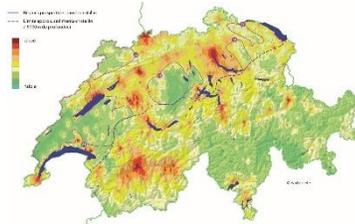
- ❑ Le réservoir géothermique se situe à une profondeur de 4 à 5 km sous la surface, dans les roches du socle cristallin (granite, gneiss).
- ❑ Le site a été choisi afin de conserver une bonne distance aux failles qui pourraient présenter un risque sismique.



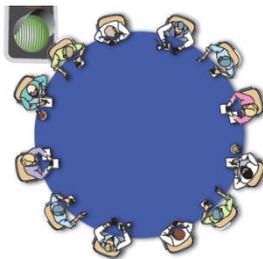
# Mesures de mitigation du risque sismique



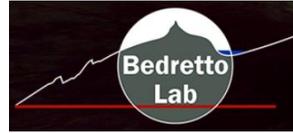
Etudes de risque



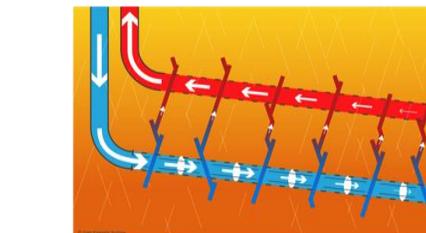
Sélection du site



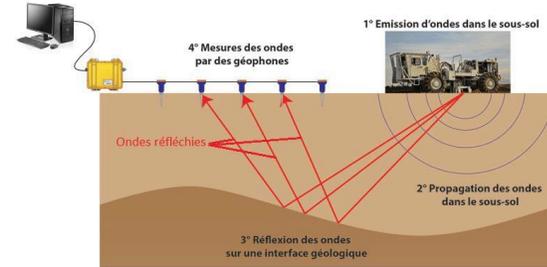
Réévaluation continue du risque



Tests et validation



Stimulation multi-étapes

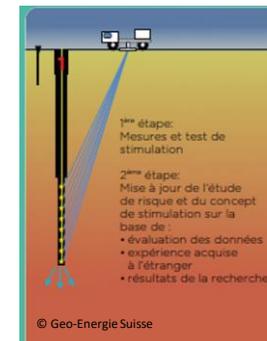


LE PRINCIPE DE LA SISMIQUE REFLEXION

Mesures géophysiques

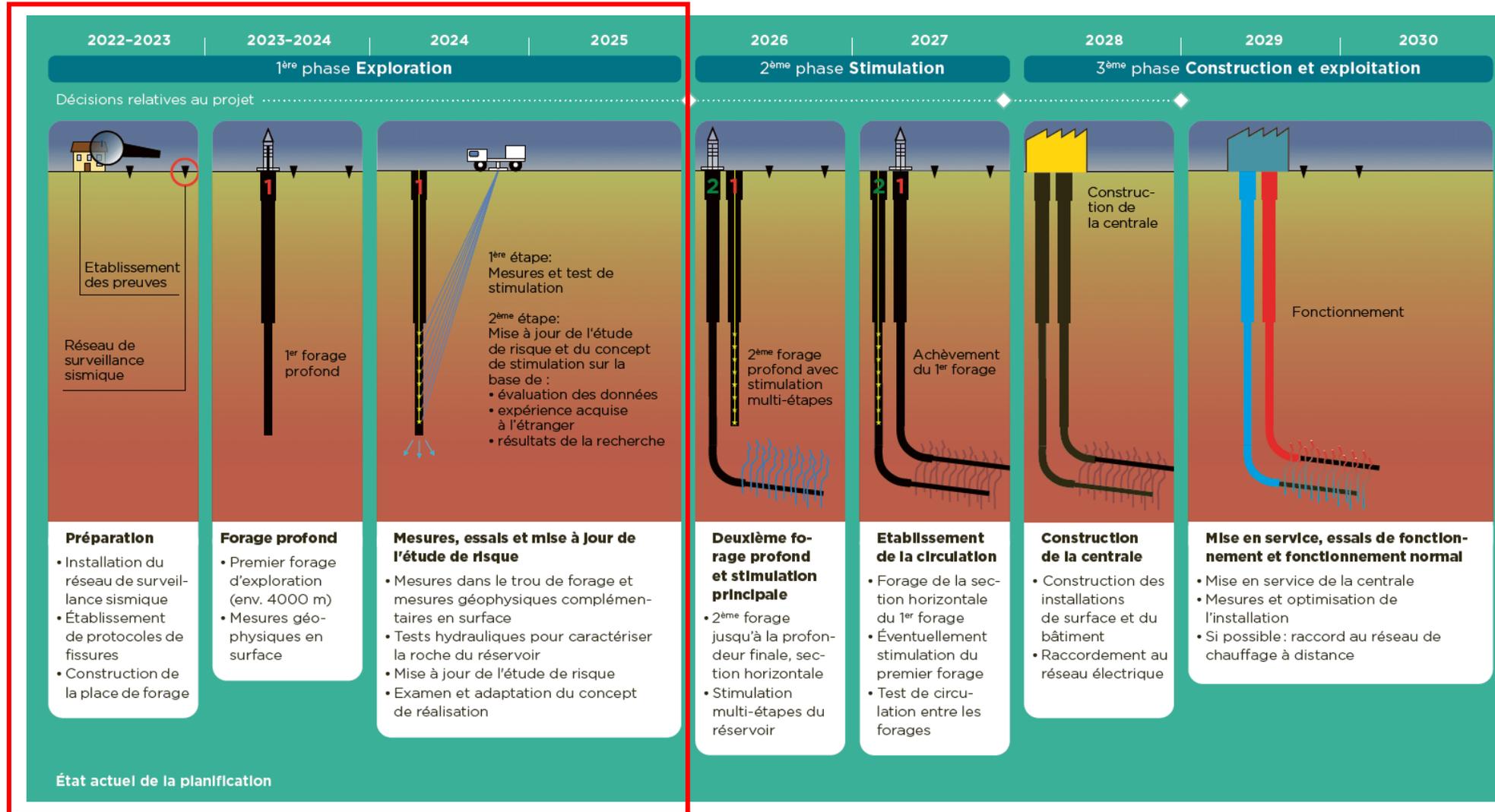


Réseau de surveillance sismique



Tests de stimulation

# Réalisation du projet en 3 phases: assurer la sécurité

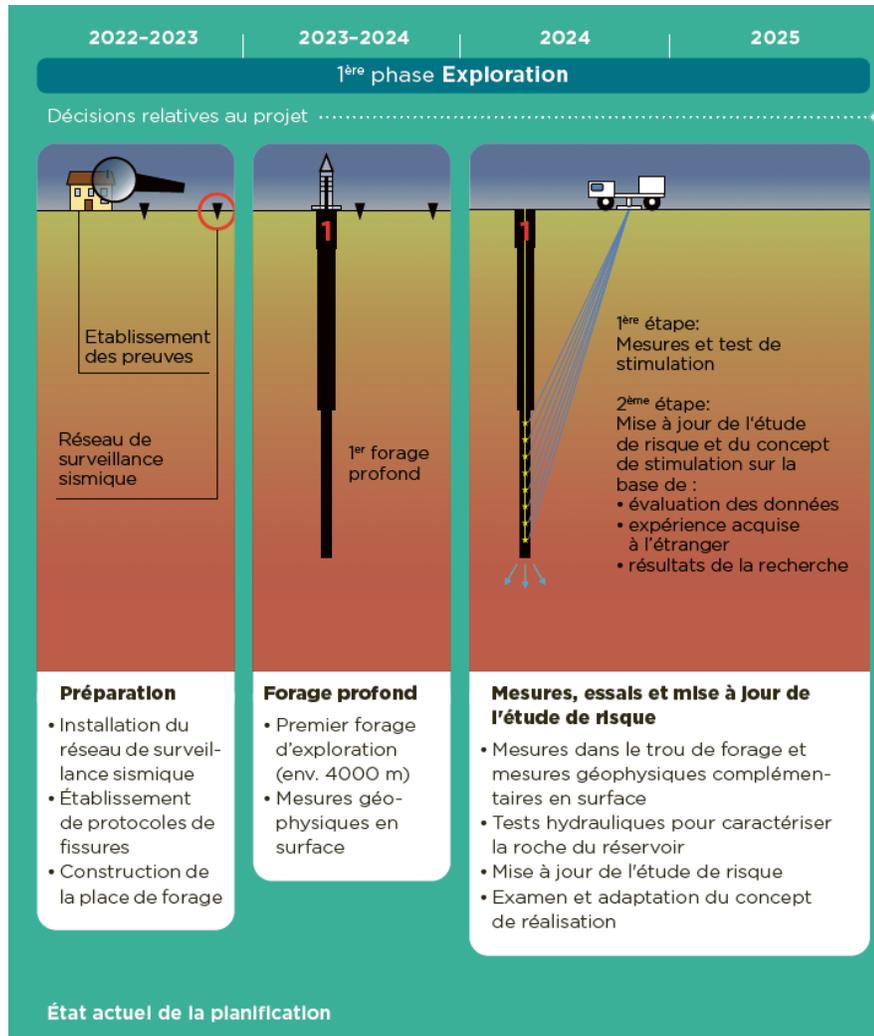


2022-2025  
Phase d'exploration



Décision: poursuite, modification ou abandon du projet

# Objectifs de la phase d'exploration



## Phase I - Exploration (2022 – 2025)

- ❑ Reconnaissance du sous-sol grâce à un forage d'exploration profond, dans lequel des relevés, des mesures, des tests hydrauliques et de stimulation seront effectués
- ❑ Mesures géophysiques en surface pour compléter le modèle géologique et contribuer à la réduction du risque sismique
- ❑ Mise en place de la surveillance sismique et de l'établissement des preuves
- ❑ Synthèse des observations, mise à jour du projet et de l'étude de risque
- **Décision, sur la base des recommandations du Groupe d'Experts Indépendants (GEI), de poursuivre le projet ou non.**

# Calendrier de la phase d'exploration

Projet de géothermie de Haute-Sorne

Phase d'exploration

Etat de la planification au 30 octobre 2023



	2023												2024															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
<b>Site de forage</b>																												
planification, adjudications, travaux préparatoires	■																											
construction										■																		
<b>Suivi environnemental</b>																												
planification, travaux préparatoires	■																											
mise en œuvre durant la construction et le forage										■																		
<b>Monitoring sismique (réseau de surface)</b>																												
planification - autorisations	■																											
installation, construction					■								■															
exploitation (stations provisoires et définitives)					■								■															
<b>Risque sismique</b>																												
Evaluation continue du risque avec nouvelles données	y.c. Bedretto, FORGE ■																											
<b>Etablissement des preuves</b>																												
planification, travaux préparatoires	■																											
mise en œuvre systématique protocoles individuels					■							■																
mise en œuvre bâtiments représentatifs / RBC / industrie					■							■																
<b>Géophysique</b>																												
Tests instruments monitoring	■											■																
Sismique hybride (chute-de-poids, acquisition 4 jours)					■		■																					
Sismique 2D (vibrosismique, acquisition 2-3 s)									■		■																	
Sismique 3D (vibrosismique, acquisition 3-4 s)													■		■													
Sismique passive (ANT avec Uni GE, planification)					■								■															
Sismique passive (ANT avec Uni GE, acquisition 1 m)					■								■				■											
Interprétation et intégration des résultats								■					■															
<b>Forage d'exploration</b>																												
planification	■												■															
forage et mesures																	■				■							
tests de stimulation																					■							

# Construction de la place de forage

- ❑ Début des travaux de construction de la place de forage le 25 octobre. Durée des travaux prévue jusqu'à fin mars 2024.
- ❑ Chantier classique et horaires de travail usuels. Premiers travaux: décapage des sols selon les prescriptions en vigueur, remblayage, connections aux réseaux.
- ❑ Chantier limité aux besoins de la phase d'exploration → limiter l'impact du chantier et faciliter la remise en état en cas d'abandon du projet.
- ❑ Suivi environnemental de réalisation (SER) pour vérifier le respect des prescriptions en matière de protection de l'environnement.
- ❑ Prise en compte des horaires scolaires pour la circulation des camions à Glovelier.



# Protocoles de fissures – état à fin octobre 2023

## Protocoles de fissures individuels sur requête (rayon 2.5 km)

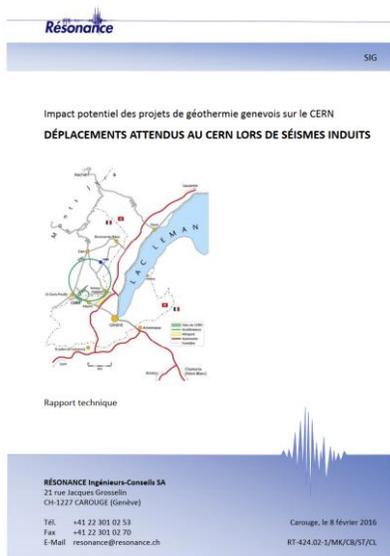
- Env. 2700 conventions envoyées, plus de 55% retournées. Cela représente environ 1900 bâtiments.
- Quasi-totalité des relevés de l'enveloppe extérieure achevés d'ici la fin de l'année.
- Les relevés intérieurs (en cas de nécessité, comme en présence d'une isolation périphérique complète) seront effectués entre janvier et mars 2024.

## Autres protocoles de fissures dans le cadre de l'établissement de preuves

- Bâtiments représentatifs (procédure d'évaluation par analogie des biens). Relevés de fissures intérieurs et extérieurs complétés pour certains bâtiments par des mesures de vibration. → liste en cours d'élaboration. Les relevés seront effectués d'ici avril 2024
- Bâtiments présentant une « sensibilité accrue et une grande valeur » → liste élaborée par le Canton (Office de la culture) sur la base du Répertoire des biens culturels (RBC). Relevés extérieurs et intérieurs pour une sélection de bâtiments. Les relevés seront effectués d'ici avril 2024.

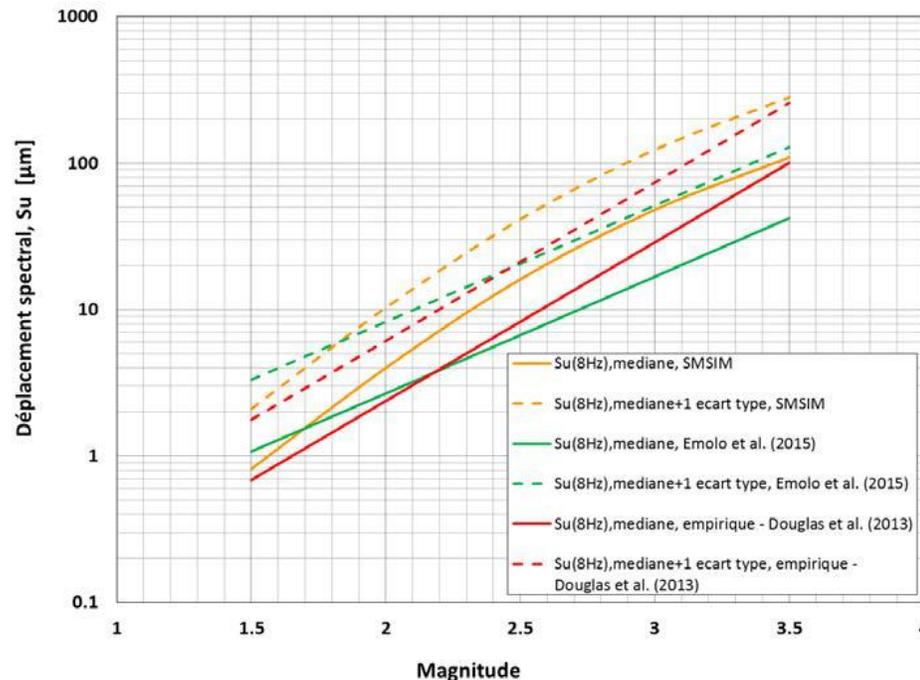


# Séance de la CSI du 9 octobre 2023 – Impact de la sismicité sur les processus industriels – Exemple du CERN (présentation M. Guinchard)



- *Peu de littérature pour évaluer théoriquement les impacts de la sismicité induite – Nécessité de collecter des données ;*
- *Le pronostic annonce que des séismes locaux de magnitude 2,5 n'engendrerait pas d'effet sur le LHC ;*
- *Le pronostic annonce de possible effets à partir de magnitude 3 mais avec une occurrence rare.*

[https://edms.cern.ch/file/1821506/1/RT424\\_02-1\\_Displacements\\_expected\\_due\\_to\\_geothermy\\_2020.pdf](https://edms.cern.ch/file/1821506/1/RT424_02-1_Displacements_expected_due_to_geothermy_2020.pdf)



## Modélisation de la relation Déplacement – Magnitude (Fig. 4.5)

Déplacement spectral pour une fréquence propre de 8 Hz et un amortissement de 1 %, en fonction de la magnitude, pour une distance épacentrale de 5 km et une profondeur du foyer de 3 km. Les résultats sont issus de la simulation par SMSIM pour les paramètres de référence ainsi que des GMPEs empiriques d'Emolo et al. (2015) et de Douglas et al. (2013), corrigées pour un amortissement de 1 %.

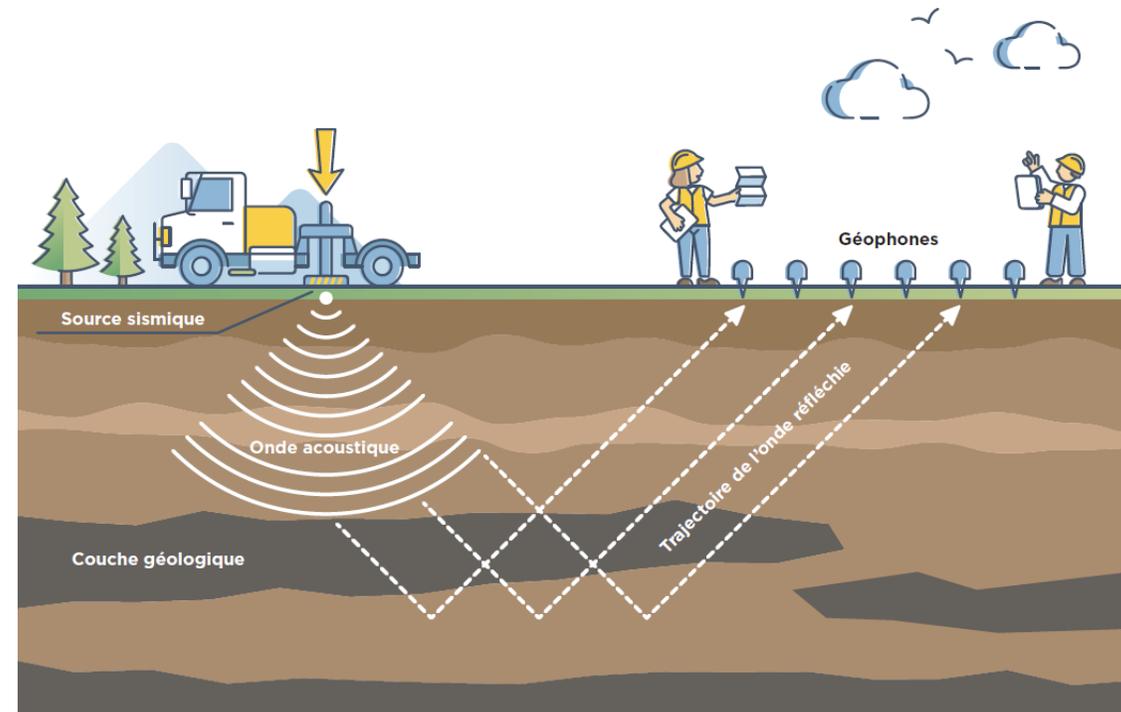
la figure 4.5 montre que les déplacements spectraux pour 8 Hz (valeurs médianes plus un écart-type), toujours pour une distance épacentrale de 5 km et une profondeur du foyer de 3 km, **restent inférieurs à 50 µm jusqu'à une magnitude de M = 2.5.**

# Mesures géophysiques : sismique-réflexion 2D et 3D (hiver-printemps 2024)

- Nouvelles campagnes de mesures durant l'hiver et le printemps 2024 → échographie du sous-sol pour mieux connaître sa structure, compléter le modèle géologique existant et contribuer à la réduction du risque sismique.
- Dispositif: camions vibreurs et géophone autonomes (sans fil)
- En fonction des besoins, mesures de nuit afin d'augmenter la qualité des données (améliorer le rapport signal / bruit ambiant) et perturber le trafic au minimum



CRÉDIT IMAGES: GEO2X

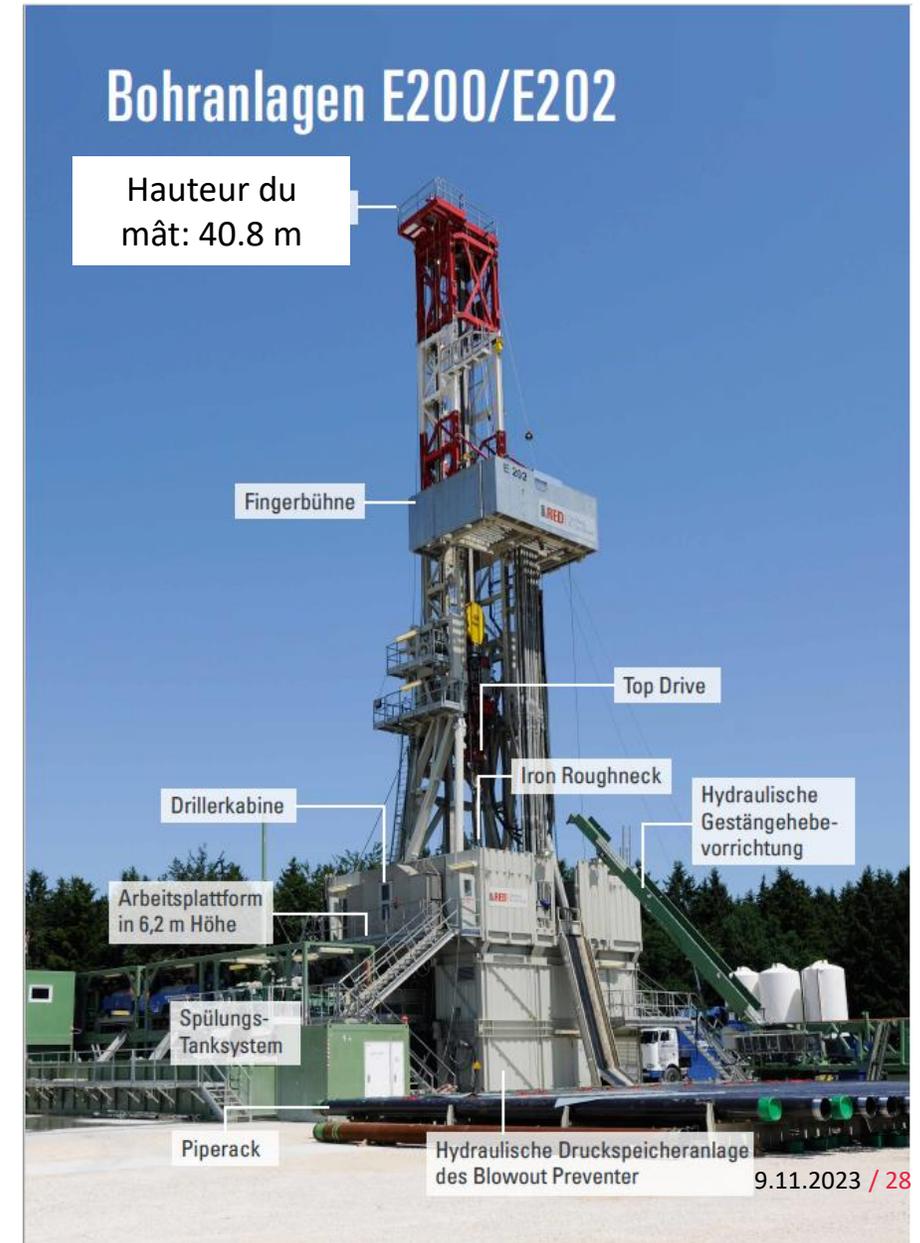


ADOBESTOCK\_452901721

# Forage d'exploration – A partir d'avril 2024

## RED Drilling & Services GmbH (Autriche)

- ❑ Prestataire de services pour l'industrie pétrolière et le secteur de la géothermie
- ❑ Fondée en 2014 comme filiale à 100% de RAG Austria AG
- ❑ 2019 Reprise par UOS Drilling S.A.
- ❑ 120 collaborateurs - 100% de personnel de l'entreprise
- ❑ Regroupement du savoir-faire dans le domaine du forage, de l'ingénierie de puits, du service de puits, du reconditionnement et de l'ingénierie de surface



# Schéma du forage d'exploration

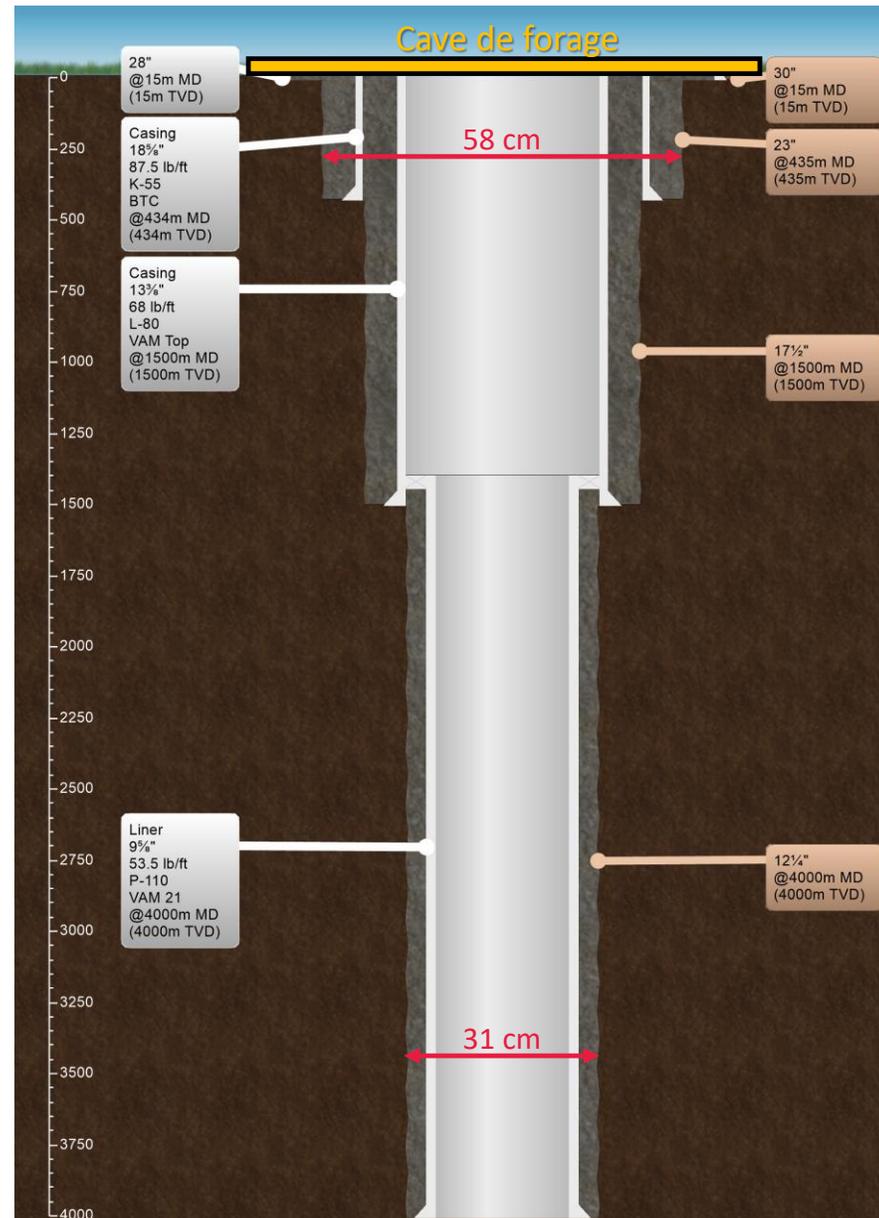
## Schéma du forage

Diamètre et longueur des tubages (gauche)

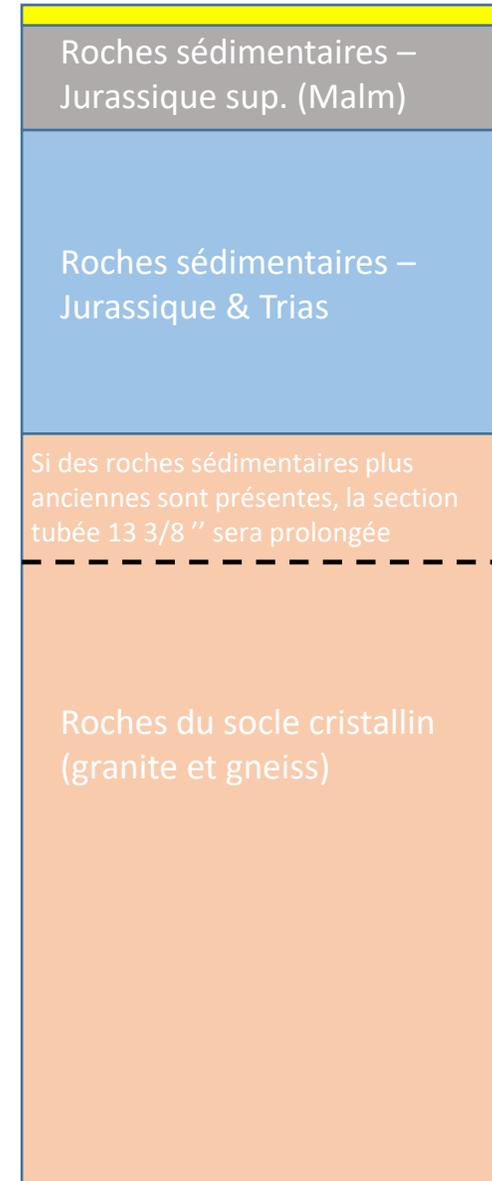
Diamètre et longueur des sections forées (droite)

## Durée du forage

Environ 3 mois

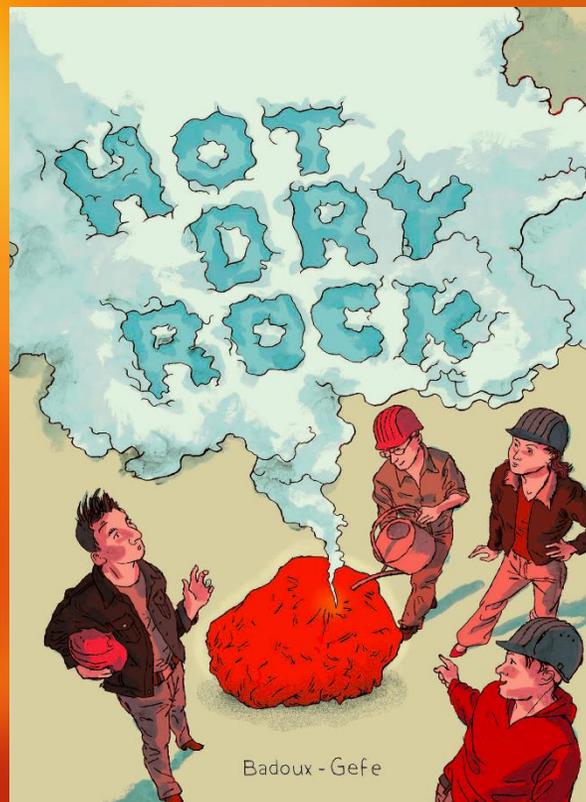


## Géologie



- MD = Measured Depth (longueur du forage)
- TVD = True Vertical Depth (Profondeur mesurée depuis la surface)
- Pour un forage vertical, MD=TVD
- 1 pouce (") = 2.54 cm

Centre de compétence suisse  
en géothermie profonde pour  
la production d'électricité et de chaleur

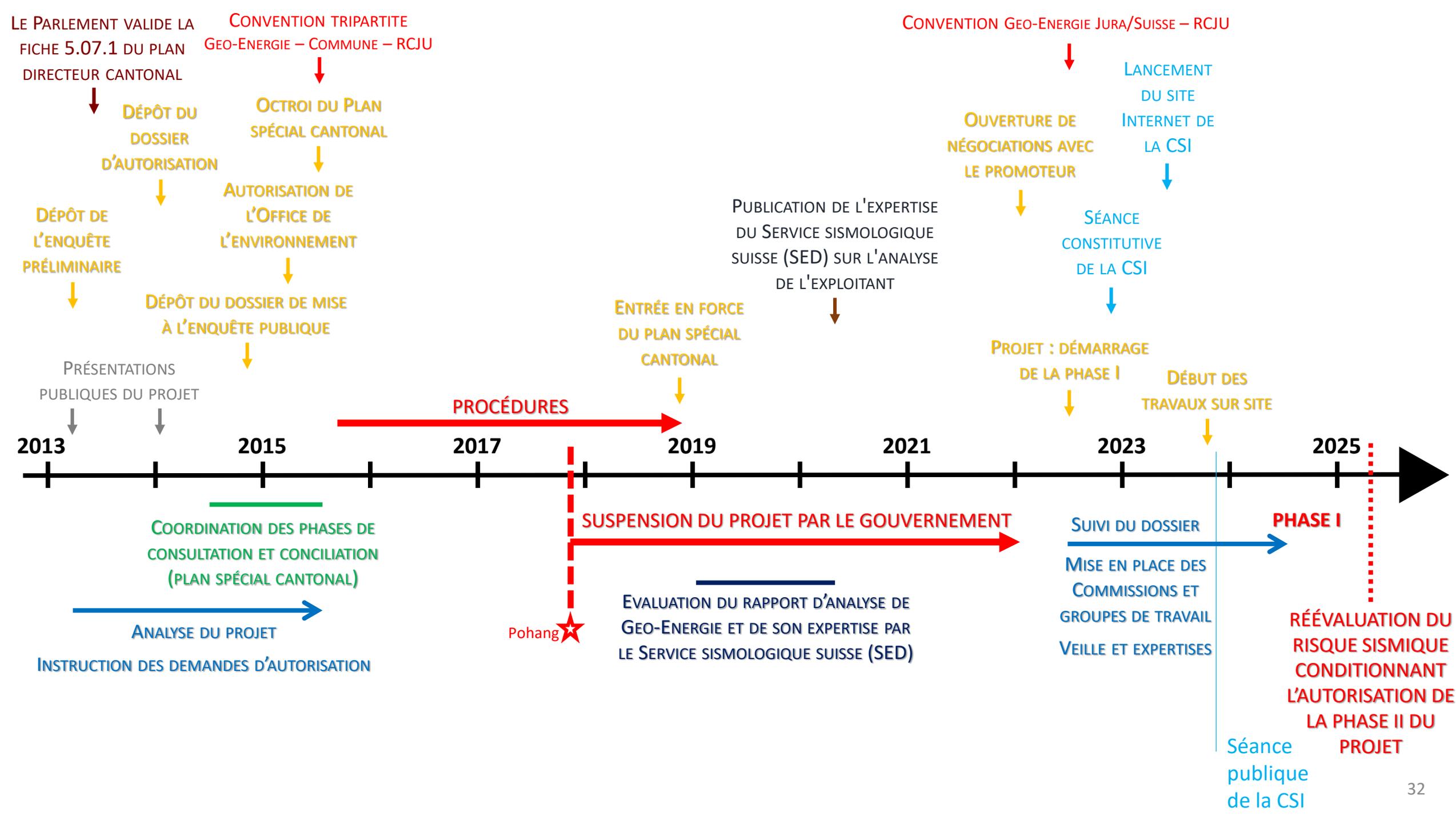


Merci pour votre attention!

# **LE RÔLE DES AUTORITÉS CANTONALES : EXEMPLE DU RISQUE SISMIQUE**



Sylvain Rigaud, chef de projet,  
République et Canton du Jura



# PROJET DE GÉOTHERMIE PROFONDE : MESURES ET CONDITIONS-CADRES

Le cadre réglementaire du projet de géothermie profonde de Haute-Sorne est principalement régi par :

➤ **Fiche 5.07.1 du Plan directeur cantonal (22 mai 2013)**

⇒ La procédure du plan spécial s'applique

➤ **Autorisations, dont celle de l'Office de l'environnement (30 mars 2015)**

⇒ Suivi environnemental de réalisation (SER) : spécialistes mandatés pour veiller à la bonne application de la législation, laquelle est reprise sous forme de conditions de réalisation des projets

⇒ Appui d'un groupe d'experts sur les aspects en lien avec la sismicité

+ Rapport d'impact sur l'environnement et annexes

➤ **Plan spécial cantonal (2 juin 2015)**

⇒ Protection des travailleurs

⇒ Assurance RC du promoteur

➤ **Convention tripartite - République et Canton du Jura, Commune de Haute-Sorne, Geo-Energie Jura SA - (15 juin 2015)**

⇒ Constitution de la CSI

⇒ Redevances, domiciliation de la société et valorisation de la chaleur

➤ **Convention entre Geo-Energie Suisse AG, Geo-Energie Jura SA et la République et Canton du Jura (17 juin 2022)**

⇒ Phasage du projet : acquisition de données supplémentaires et réévaluation du risque sismique conditionnent l'autorisation de la phase II

⇒ Procédures d'établissement des preuves et de remise en état et démantèlement

⇒ Renforcement du cadre institutionnel et de gouvernance (Comité de patronage: observateur externe, neutre et indépendant)

*Ces documents sont disponibles au lien suivant : <https://www.jura.ch/geothermieprofonde>*

# SUIVI DU DOSSIER PAR LES SERVICES CANTONAUX

## Service de l'information et de la communication

- INFORMATION, MÉDIAS
- COMMUNICATION INSTITUTIONNELLE

## Service juridique

- ASPECTS JURIDIQUES

## Police cantonale

- ALERTE ET SÉCURITÉ

## Service du développement territorial

- COORDINATION EXTERNE ET INTERNE
  - Suivi du projet
  - Haute surveillance
- AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

## Office de l'environnement

- SUIVI ENVIRONNEMENTAL (air, bruit, eaux, sols, déchets, sites pollués, accidents majeurs, etc.)
- DANGERS NATURELS

## Trésorerie générale

- GESTION COMPTABLE

- EXPERTISES ET ÉTUDES DE RISQUE

- SUIVI AGRICOLE

## Office de la culture

- BÂTIMENTS PROTÉGÉS

## Service des infrastructures

- INSTALLATIONS ET DISPOSITIFS DE MESURES

## Service de l'économie rurale

## Service de l'économie et de l'emploi

- PROTECTION DES TRAVAILLEURS

# RISQUE DE SISMICITÉ INDUITE : MESURES ET CONDITIONS



Particularité du projet de géothermie profonde, le risque de sismicité induite fait l'objet de mesures spécifiques :

## ➤ Autorisation de l'Office de l'environnement (30 mars 2015)

- ⇒ Suivi pointu de la sismicité, en continu et publication des données sismiques en temps réel
- ⇒ Protocoles et opérations de stimulation hydraulique basés sur des outils de prédiction et de localisation de pointe
- ⇒ Interruption, voire arrêt du projet en cas d'augmentation du risque sismique ou de sismicité dépassant la magnitude seuil  $M_w = 2.6$

## ➤ Prescriptions du Plan spécial cantonal (2 juin 2015)

- ⇒ Test de stimulation réalisé dans des conditions rigoureusement contrôlées
- ⇒ Systèmes de surveillance haute-sensibilité de la sismicité induite
- ⇒ Mise en place d'un concept d'établissement des preuves avec expert neutre qui évaluera d'éventuels dommages (aux frais de l'exploitant)
- ⇒ Examen des vitraux de la chapelle de Berlincourt

## ➤ Convention entre Geo-Energie Suisse AG, Geo-Energie Jura SA et la République et Canton du Jura (17 juin 2022)

- ⇒ Etude de risque continuellement adaptée, en fonction des connaissances acquises. Mise à jour à minima à la fin de chaque phase
- ⇒ Reconnaissance du sous-sol renforcée afin de détecter les failles majeures et, si nécessaire, adapter le modèle géologique durant la phase I
- ⇒ Seuils d'arrêt des travaux de stimulation fixés pour les bâtiments particulièrement sensibles aux vibrations (3mm/s selon DIN 4150-3)
- ⇒ Procédure d'établissement des preuves élargie aux bâtiments de sensibilité accrue et aux propriétés situées dans un rayon de 2.5 km
- ⇒ Protocole spécifique à l'attention des industriels, mesures particulières possibles
- ⇒ Renforcement des ressources liées au projet
- ⇒ Obligations et responsabilités de l'exploitant en vigueur jusqu'à ce que toutes les obligations aient été atteintes et les litiges, résolus
- ⇒ Assurance responsabilité civile de l'exploitant (de 100 millions de francs) devant couvrir le double des dommages définis par l'étude de risque plus une marge de 25%
- ⇒ Fonctionnement du Groupe d'experts indépendants (GEI, expertise / risque sismique)

# SISMICITÉ INDUITE : DISPOSITIF D'ANALYSE, DE SUIVI ET DE GOUVERNANCE

**GOUVERNEMENT (décision)**

- INFORMATION
- TRANSPARENCE

CSI

## Groupe d'experts indépendants (GEI)

- ALERTE LA RCJU EN CAS D'ACCROISSEMENT DU RISQUE SISMIQUE
- **CONTRIBUE AU PERFECTIONNEMENT DES MESURES DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION CONTRE LA SISMICITÉ INDUITE**
- ÉVALUE LES PROCÉDURES D'ÉTABLISSEMENT DES PREUVES ET L'ANALYSE DE RISQUE SISMIQUE

## Service sismologique suisse (GEOBEST 2020+)

- SURVEILLANCE ET ANALYSE SISMIQUE (réseau national)
- ASSISTANCE DANS L'ÉVALUATION DES RISQUES SISMQUES
- MISE EN PLACE D'UN SYSTÈME D'ALERTE SISMIQUE
- DIFFUSION EN TEMPS RÉEL DES INFORMATIONS SUR LA SISMICITÉ DANS LE VOISINAGE IMMÉDIAT DU PROJET

## Services cantonaux

- EXPERTISE DE DOCUMENTS
- ÉVALUATION DES RISQUES

- INSTRUISENT LES DEMANDES D'AUTORISATION ET FIXENT LES CONDITIONS DE RÉALISATION DES TRAVAUX
- VÉRIFIENT LA CONFORMITÉ ET L'UTILITÉ DES DISPOSITIFS MIS EN PLACE PAR L'EXPLOITANT
- METTENT EN PLACE UN SUIVI DU PROJET (groupes de suivi, expertises, audits, visites du site)

## Mandataires externes

## Exploitant (Geo-Energie Jura SA)

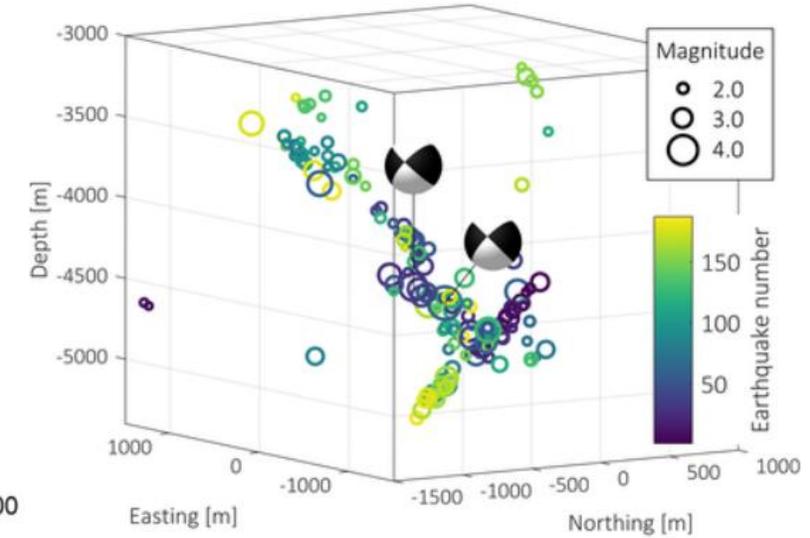
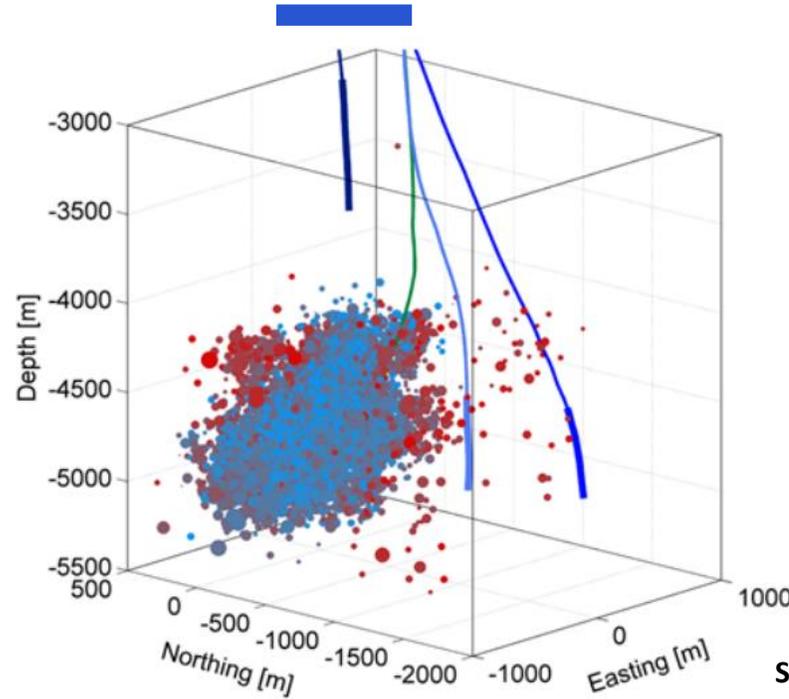
- MET EN PLACE DE MESURES DE RÉDUCTION DU RISQUE SISMIQUE
- ACQUIERT DES DONNÉES EN VUE DE PARAMÉTRER SES TRAVAUX ET D'AFFINER L'ÉVALUATION DES RISQUES
- ADAPTE LES PROCÉDURES DE STIMULATION HYDRAULIQUE À L'ANALYSE SISMIQUE (respecte les conditions d'autorisation)
- MESURE EN CONTINU LA SISMICITÉ (réseau local)

Comité de patronage (contrôle des procédures en place)

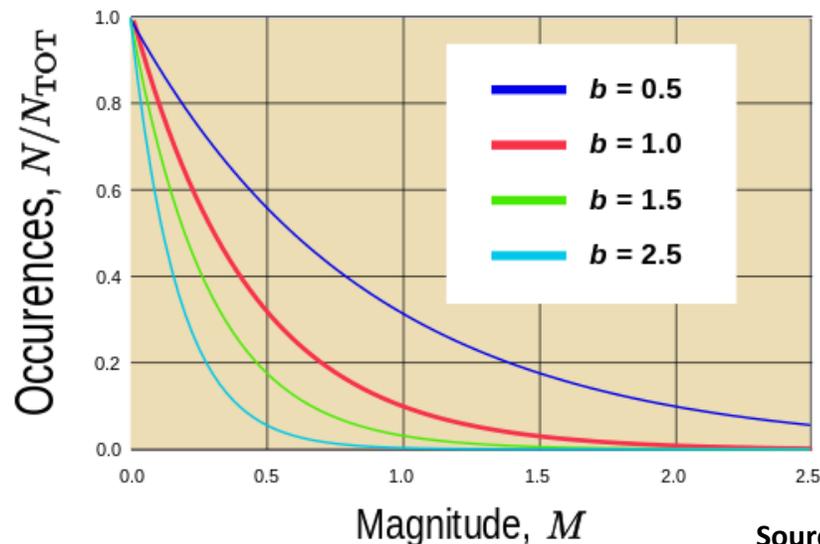
# SISMICITÉ INDUITE : L'APPORT DU GROUPE D'EXPERTS INDÉPENDANTS (GEI)

**Le GEI assistera les autorités cantonales**

- dans le contrôle de la qualité des dispositifs et des mesures de suivi du risque sismique ;
- dans l'évaluation des paramètres de réalisation (pression, débits, volumes injectés) et d'arrêt (croissance rapide du réservoir, alignement des microséismes, seuils de magnitude / de vibration, suivi de l'évolution de la valeur  $b$ ) des processus de stimulation hydraulique ;



Source : schoenball.de



Source : Wikipedia

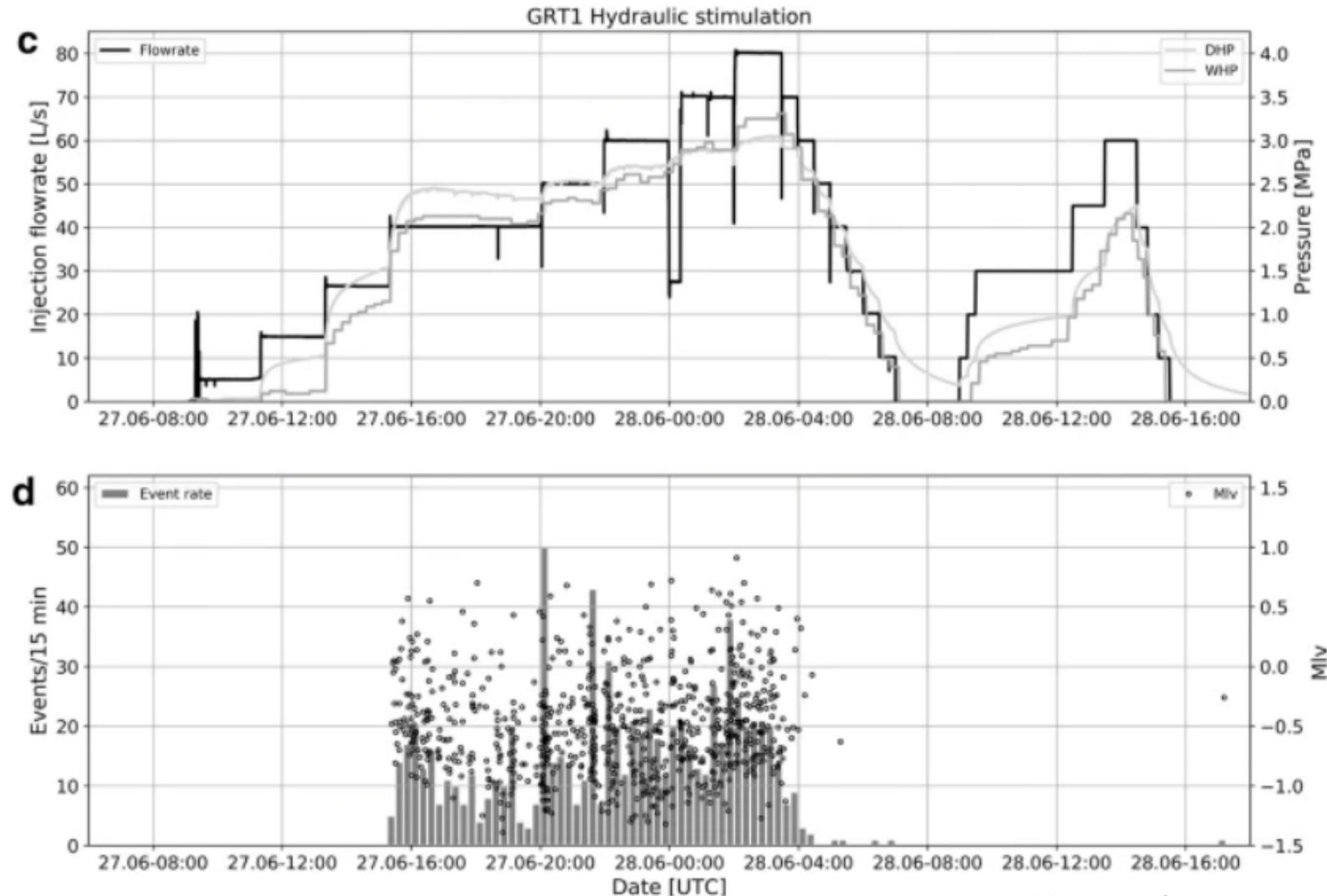
*L'évolution de la valeur  $b$  (rapport entre «petits» et «très petits» séismes) est un indicateur des processus en profondeur et permet le suivi (en terme de probabilité) et la possible anticipation des séismes.*

# SISMICITÉ INDUITE : L'APPORT DU GROUPE D'EXPERTS INDÉPENDANTS (GEI)

Le GEI assistera les autorités cantonales

- dans le contrôle de la qualité des dispositifs et des mesures de suivi du risque sismique ;
- dans l'évaluation des paramètres de réalisation (pression, débits, volumes injectés) et d'arrêt (croissance rapide du réservoir, alignement des microséismes, seuils de magnitude / de vibration, suivi de l'évolution de la valeur b) des processus de stimulation hydraulique ;
- dans le contrôle et l'aide à l'élaboration des mesures de réduction de l'activité sismologique de manière préventive et en réponse à un accroissement de la sismicité.

Stimulation hydraulique: Rittershoffen (Alsace)



# GÉOTHERMIE PROFONDE : QUELLE IMPLICATION DES AUTORITÉS CANTONALES ?

---

## Les autorités cantonales

- déterminent les règles d'usage du sous-sol (domaine public cantonal) et de ses ressources naturelles (dont les ressources géothermiques);
- instruisent les demandes d'autorisation et les dossiers relatifs aux travaux et à l'exploitation du sous-sol ;
- veillent au respect du cadre légal et réglementaire (normes et mesures et conditions fixées dans le cadre des autorisations ou de conventions ultérieures), notamment vis-à-vis de la protection des personnes, des biens, des ressources naturelles et de l'environnement ;
- assurent une surveillance des porteurs de projets et un suivi du projet (groupes de suivi, expertises, audits, visites du site) afin de vérifier que les porteurs de projet ont la capacité de mener leurs travaux dans les meilleures conditions de sécurité et de durabilité ;
- mettent en place, lorsque cela s'avère nécessaire, un encadrement institutionnel neutre (e.g., la Commission de suivi et d'information du projet de Haute-Sorne, pour la transparence du projet et de l'information qui y est associée).

**Les autorités cantonales sont parties prenantes du projet de géothermie de Haute-Sorne (le sous-sol est concerné). Elles ne «portent» pas ce projet.**

# **LES BESOINS EN EAU DU PROJET : CADRE RÉGLEMENTAIRE**



Jean Fernex, collaborateur scientifique, Office de l'environnement cantonal  
Didier Luginbühl, chef des services techniques, Commune de Haute-Sorne

# **GESTION DE L'EAU**



- **Les besoins en eau du projet**
- **Utilisation de l'eau du réseau communal**
- **Utilisation de l'eau du Tabeillon**
- **Conclusion**

# 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 m<sup>3</sup> au total, soit 4.5 m<sup>3</sup> /j en moyenne, principalement pour le forage (boue de forage)**

- 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.

# Les besoins en eau du projet – Phase de réalisation

**Durant la phase de réalisation (2026-2027), les besoins en eau pour la stimulation du réservoir et le deuxième forage sont estimés à environ 100’000 m<sup>3</sup> au total. Ces besoins seront recalculés sur la base des résultats des tests de stimulation de la phase d’exploration.**

- Volume maximal estimé de 5’000 m<sup>3</sup> par étape de stimulation, soit 150’000 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> au total.
- 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 m<sup>3</sup> par étape.
- Les valeurs du dossier d’autorisation (env. 400’000 m<sup>3</sup> ) étaient calculées de manière large. Les estimations basées sur les connaissances actuelles montrent toutefois des besoins moindres.

3'000'000 m<sup>3</sup>  
Volume d'eau estimé  
s'écoulant dans  
le Tabeillon en 1 an

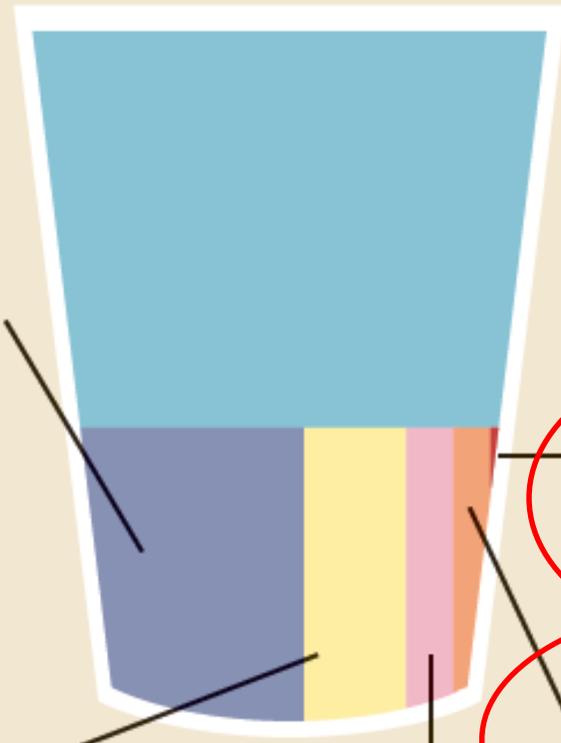
750'000 m<sup>3</sup>  
Volume d'eau potable  
distribué chaque  
année par la commune  
de Haute-Sorne

350'000 m<sup>3</sup>  
Pertes annuelles  
du réseau de  
Haute-Sorne en 2012

150'000 m<sup>3</sup>  
Pertes du  
réseau de  
Haute-Sorne  
en 2022

5'000 m<sup>3</sup>  
Besoins en eau lors  
de la 1<sup>re</sup> phase du  
projet

100'000 m<sup>3</sup>  
Besoins en eau  
lors de la 2<sup>e</sup>  
phase du projet



# Utilisation de l'eau du réseau communal

## Phase exploratoire :

- Comme dit en préambule il s'agit d'un besoin de 5'000 m<sup>3</sup> d'eau du réseau d'alimentation, répartis sur 2-3 ans.
- Bien qu'irrégulière, cette consommation est conventionnelle.
- Elle est loin de présenter une quelconque difficulté pour le réseau communal d'alimentation en eau potable.
- Une convention entre la Commune et GéoEnergie est en cours de validation de part et d'autre. Elle vise notamment à définir clairement que l'alimentation des abonnés raccordés, y compris ceux des réseaux voisins, est prioritaire.

## Tâches du service des eaux (art. 4 al. 1 RAEP):

- <sup>1</sup>Le service des eaux est un service public assumé par la commune. Il assure l'approvisionnement en eau potable de qualité irréprochable et tout temps et en quantité suffisante pour les besoins de la population et de l'économie, ainsi que le maintien en mains publiques de cette ressource essentielle.
- <sup>2</sup>Il garantit également, dans la zone d'approvisionnement qu'il alimente, une défense contre le feu par les hydrants, conformément aux prescriptions légales en vigueur.
- <sup>3</sup>Il établit et entretient les installations publiques nécessaires pour l'alimentation en eau potable.
- <sup>4</sup>Il fournit de l'eau potable répondant aux exigences de la loi fédérale sur les denrées alimentaires. A cette fin, il applique rigoureusement les procédures d'autocontrôle selon son manuel qualité et informe la population sur la qualité de l'eau.
- <sup>5</sup>Il procède aux investigations hydrogéologiques nécessaires pour délimiter les zones de protection des eaux selon le cahier des charges approuvé par l'ENV. Il transmet l'ensemble des informations à l'ENV en vue de la légalisation des zones de protection et veille à l'application du règlement y relatif.

## Phases post-exploratoire :

- Actuellement aucune demande de fourniture d'eau pour d'autres phases que celle de l'exploration n'a été formulée auprès de la Commune.
- Aucune base légale n'oblige le service des eaux à fournir les volumes nécessaires au projet de géothermie.
- Les ressources sont abondantes dans notre commune et un effort particulier a été consacré par les personnel communal à la réduction du taux de fuites de notre réseau. Depuis peu, ce taux de fuite se situe en-dessous de la moyenne suisse (14%).
- Cette situation nous permet d'envisager l'avenir avec sérénité. Malgré l'année sèche que nous connaissons, aucune restriction n'a été nécessaire et les fontaines sont restées ouvertes durant toute la période estivale.
- Le service des eaux de Haute-Sorne trouve ses différentes alimentations dans des sources et des puits de captage. L'eau excédentaire (non nécessaire au fonctionnement du service des eaux) s'évacue immédiatement au trop-plein de chaque captage. Ces volumes ainsi écoulés ne restent donc pas stockés à disposition d'une utilisation future. Le surplus est ainsi disponible pour une utilisation quelconque.

## **Phases post-exploratoires, en cas de demande de prélèvement d'eau dans le réseau communal :**

- Le service des eaux évaluera alors la situation et définira l'importance des volumes disponibles ou non.
- Comme pour la phase initiale, le service des eaux définira les conditions visant à garantir l'alimentation prioritairement à ses abonnés ainsi qu'à ceux des réseaux voisins avec lesquels il est interconnecté. Une convention sera établie.
- Sous réserve d'analyse supplémentaire, les volumes partant aux trop-pleins pourraient être mis à disposition, à des conditions à définir.

# Utilisation de l'eau du Tabeillon

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

## Rappel de l'état de la procédure

- Autorisation ENV 969/2014 et Plan spécial: pas de concession pour le 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».
- La concession (demande déposée début 2014, avec publication au JO en 2015) n'a pas été octroyée. Avec l'entrée en vigueur de la nouvelle loi cantonale (LGEaux) en 2015, de nouvelles procédures sont définies et une nouvelle demande devra être déposée.

## En résumé

- Actuellement, aucune concession n'est octroyée pour l'utilisation d'eaux de surface, notamment le Tabeillon.
- La possibilité d'un approvisionnement en eau à partir du Tabeillon doit faire l'objet d'une nouvelle procédure.



# Conditions pour l'utilisation de l'eau du Tabeillon

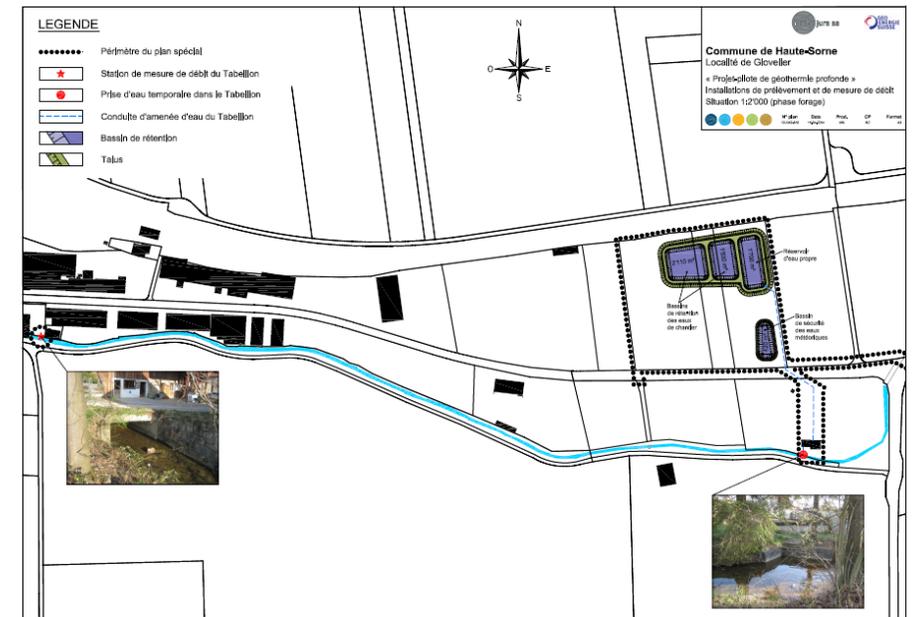
## Les prélèvements dans les eaux de surface sont strictement réglementés

- La loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) et la loi cantonale sur la gestion des eaux (LGEaux) définissent le cadre pour l'utilisation de l'eau des cours d'eau. Selon ces textes, tout prélèvement effectué dans un cours d'eau est soumis à autorisation.
- Lors d'un prélèvement, une certaine quantité d'eau, le débit résiduel, est laissé dans le cours d'eau afin de préserver un écosystème fonctionnel. Le cadre légal permet donc d'assurer l'absence de nuisances pour le Tabeillon pour tout projet de prélèvement d'eau.
- Pour les cours d'eau à faible débit d'étiage, tout prélèvement est interdit en dessous d'un débit de 50 l/s.

Le Tabeillon est très vulnérable vis-à-vis du changement climatique.

Il y a 10 ans, il était estimé que le Tabeillon ne suffirait pas à l'approvisionnement en eau du projet « durant 17-18 jours par an » en moyenne.

Aujourd'hui, il apparaît clairement que l'interdiction de tout prélèvement dans le Tabeillon sera la norme plusieurs mois chaque année.



# Conclusion:

## Travaux à venir

**L'alimentation en eau du chantier durant la phase d'exploration ne pose pas de problème particulier.**

**Pour la phase de stimulation du réservoir prévue dès 2026, les solutions pour l'approvisionnement en eau doivent être encore précisées.**

- Il n'existe aucun risque d'atteinte au Tabeillon ni à d'autres cours d'eau.
- Les futurs besoins en eau et les ressources doivent être régulièrement actualisés selon l'évolution des connaissances et du projet. Cela implique:
  - Une planification des besoins en eau avec une gestion optimale des réserves (bassins de stockage).
  - Une nouvelle demande à la Commune, qui évaluera les possibilités de livraison d'eau du réseau.
  - Une étude détaillée des débits du Tabeillon avec installation d'une station de mesure en continu, évaluation des possibilités d'exploitation. Pourra s'ensuivre une demande de concession ou d'autorisation auprès de l'Office de l'environnement.
  - L'étude par Geo Energie des alternatives possibles pour l'approvisionnement en eau, qui devront être approuvées par le Canton et la Commune.

# **QUESTIONS ET DISCUSSION PREMIÈRE PARTIE**



Modération: Pascal Mahon

# **PREMIÈRE PRÉSENTATION**

## **LES GRANDES ÉTAPES D'UN FORAGE EXPLORATOIRE, DE SA RÉALISATION À SON ABANDON : SÛRETÉ ET INTÉGRITÉ DE PUIITS**

---

Vincent Geyl,  
expert en régulation de forage et sûreté et intégrité de puits,  
Quartic Advisory

# Introduction aux forages exploratoire

## Objectifs

- Présenter le déroulement d'un forage
- Apporter une visualisation des opérations
- Perspective neutre vis-à-vis du projet

## Contexte d'exploration

Puits géothermique "profond" vs. "de surface" (puits d'eau)

Forage exploratoire → recherche de ressources

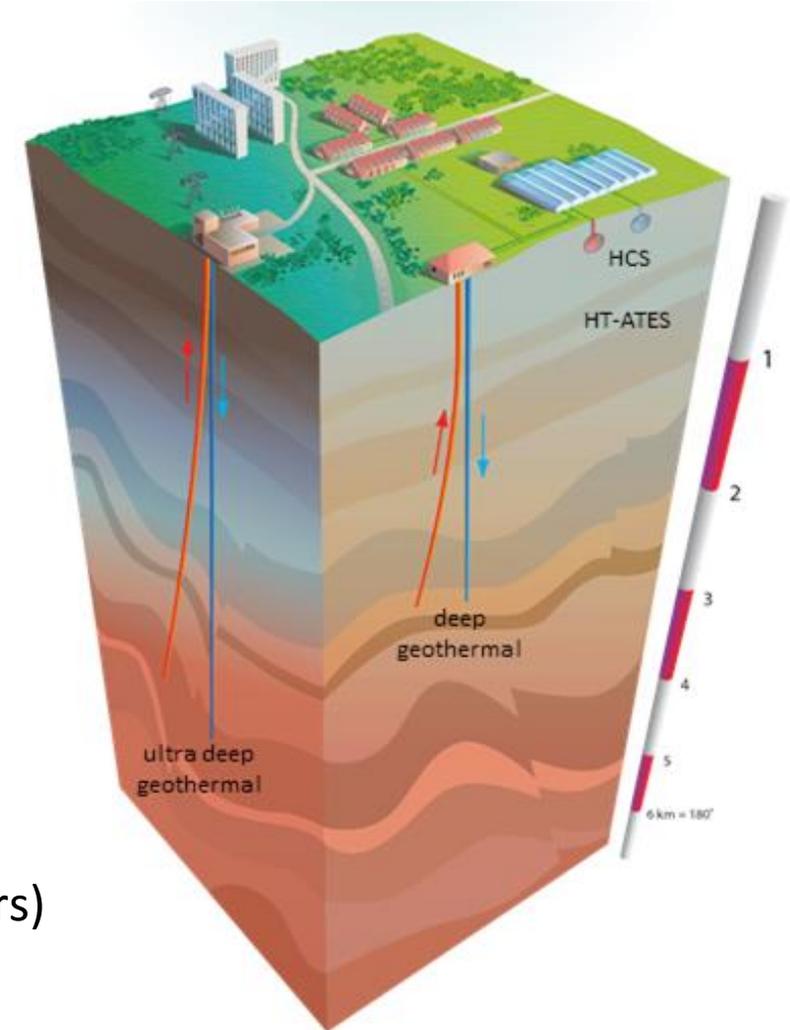
Forage de développement → exploitation

## Contexte des puits profond en Europe

Italie: 300 puits géothermiques profonds (2.166 puits pétroliers)

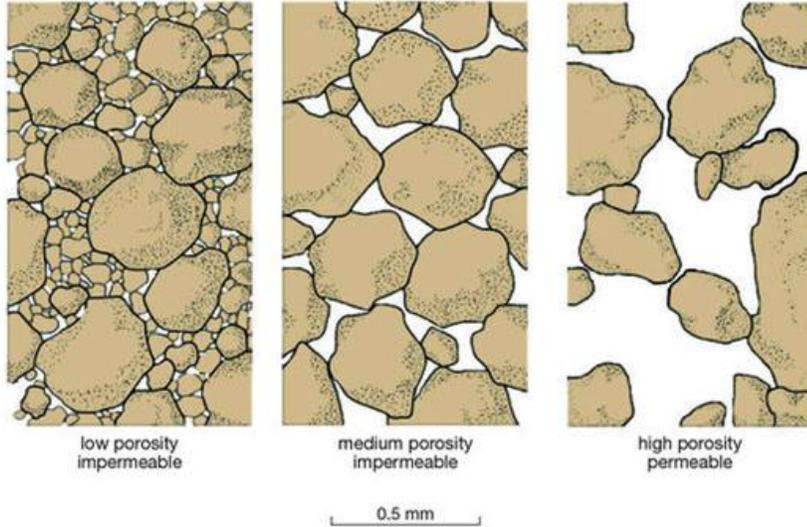
France: 27 puits géothermiques profonds

Allemagne: 42 puits géothermiques profonds



# Forage et puits

## Porosité des roches



## Roche sableuse



## Roche argileuse



Image d'un trou nu de forage (avec fracture)

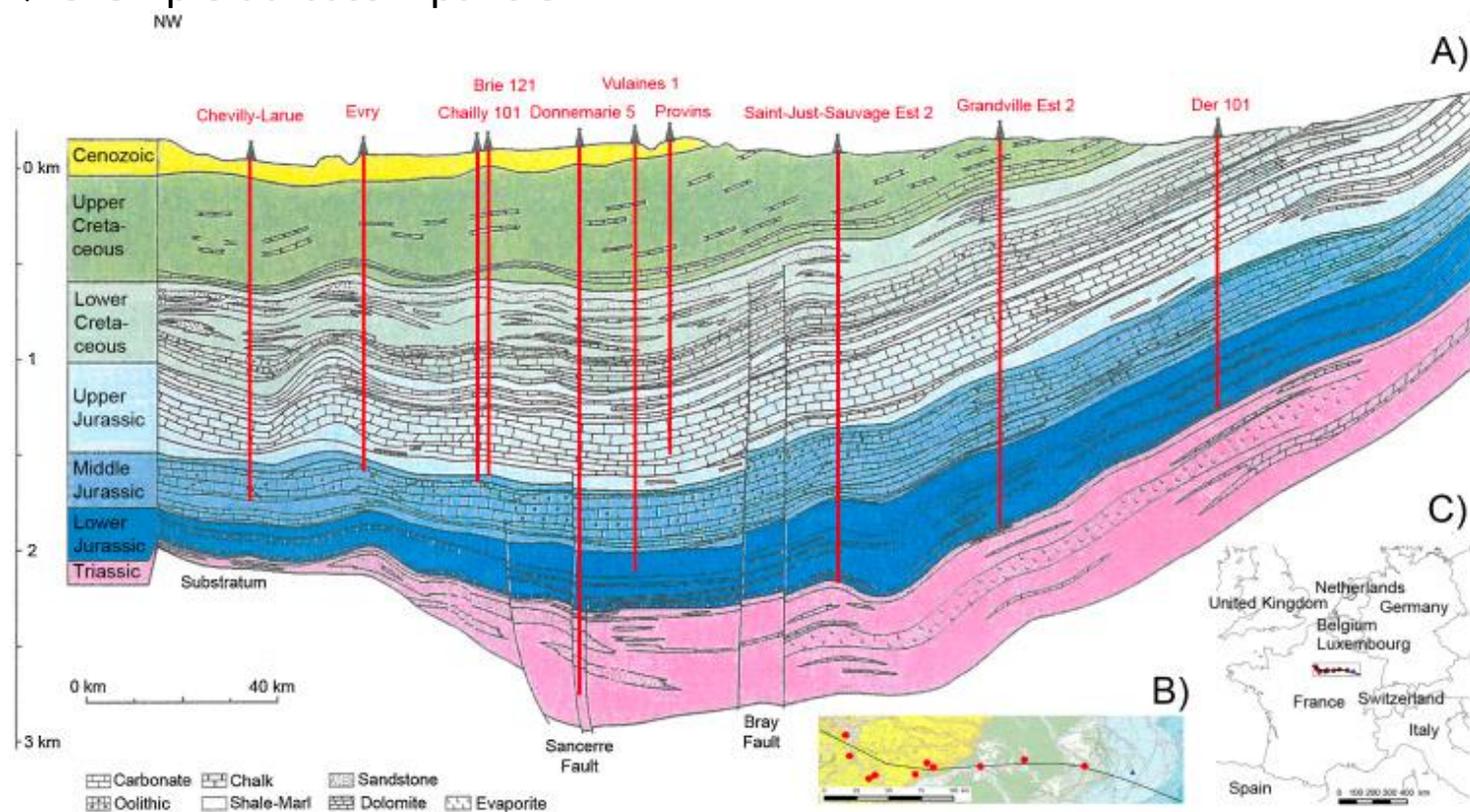


# Exploration du sous-sol

## Objectif d'un puits d'exploration

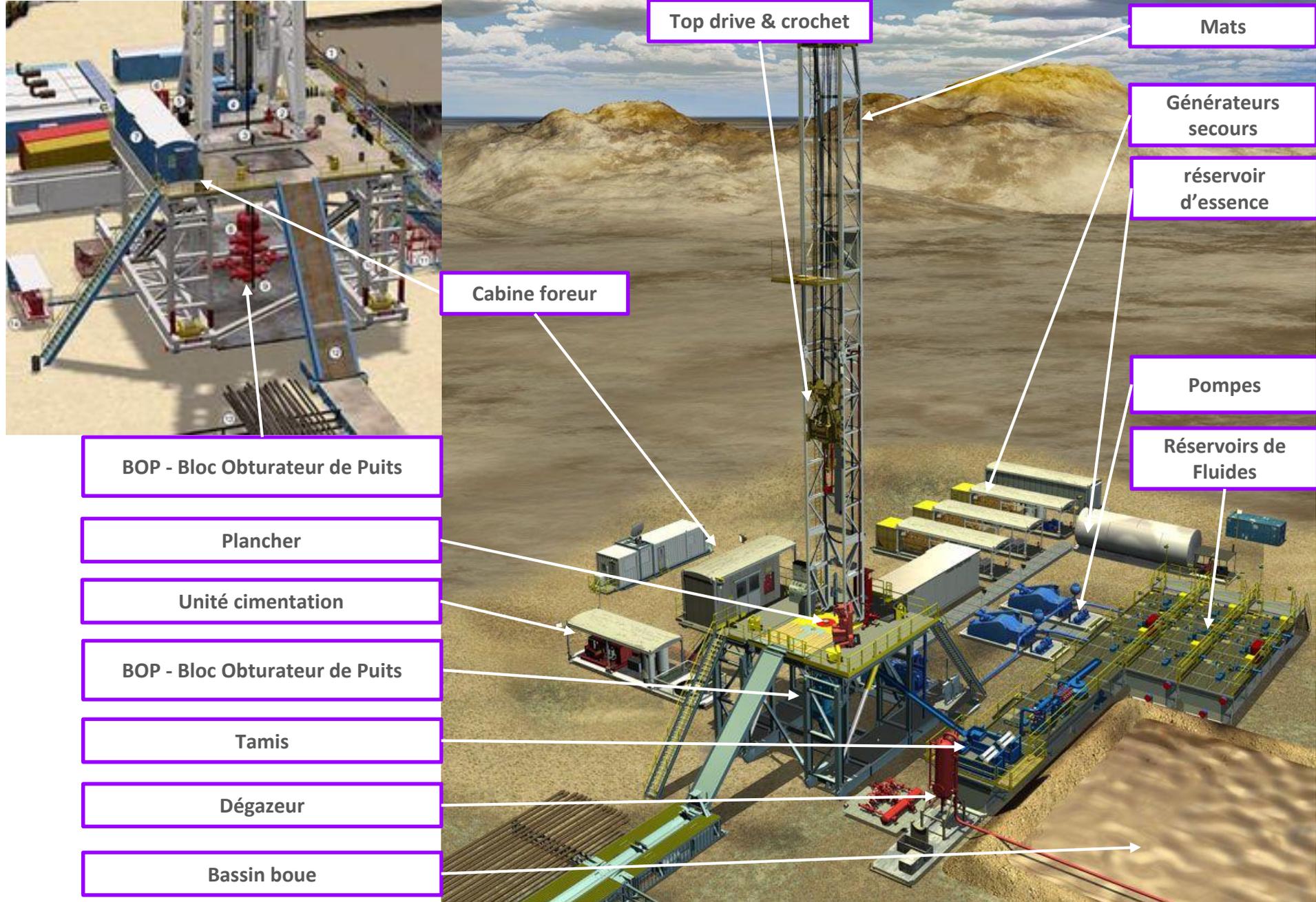
Récupérer des données sur les différentes roches du sous-sol: mesure des paramètres de la roches et échantillons de roches. Ces données sont, en cas d'échec, précieuses pour la connaissance d'autres ressources naturelles.

→ exemple du bassin parisien

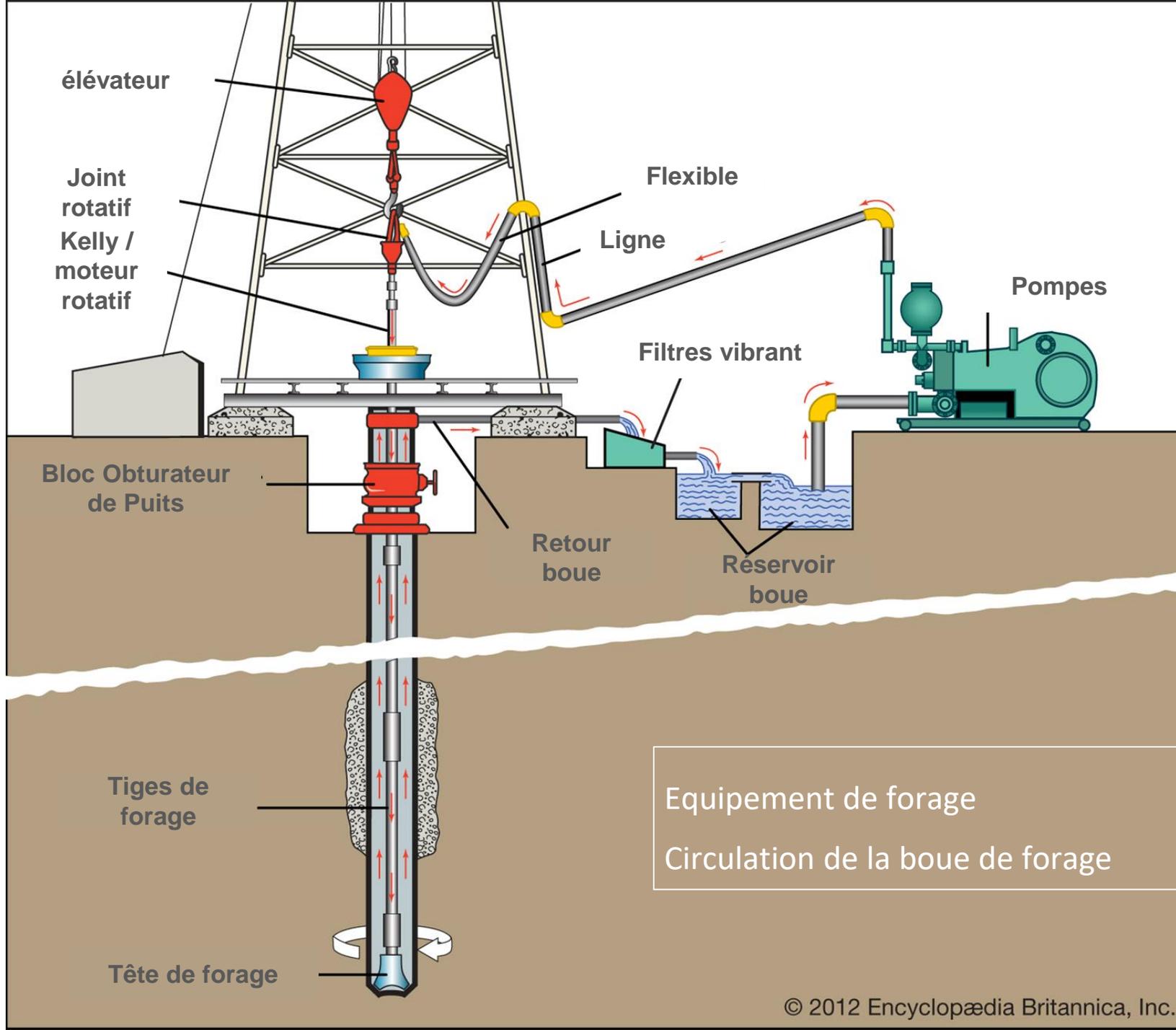


# Site de forage





Site de forage et équipement de forage

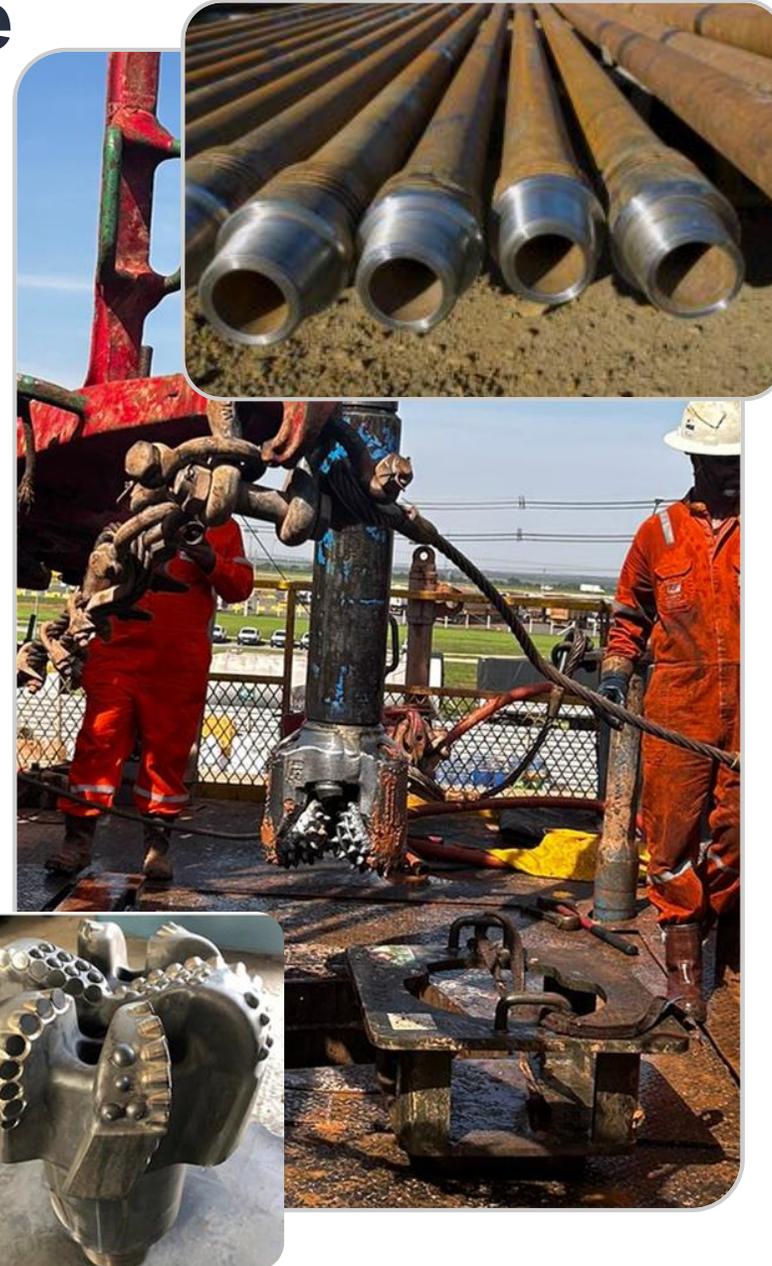


# Colonne et tête de forage

Colonne de forage et tête tricône



Tiges de forage



Tête de forage PDC

# Fluides et déblais de forage



Tamis vibrant



Échantillon de déblai de forage

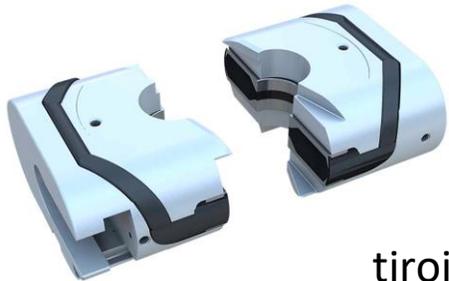


# BOP

## Bloc obturateur de puits



Elastomère

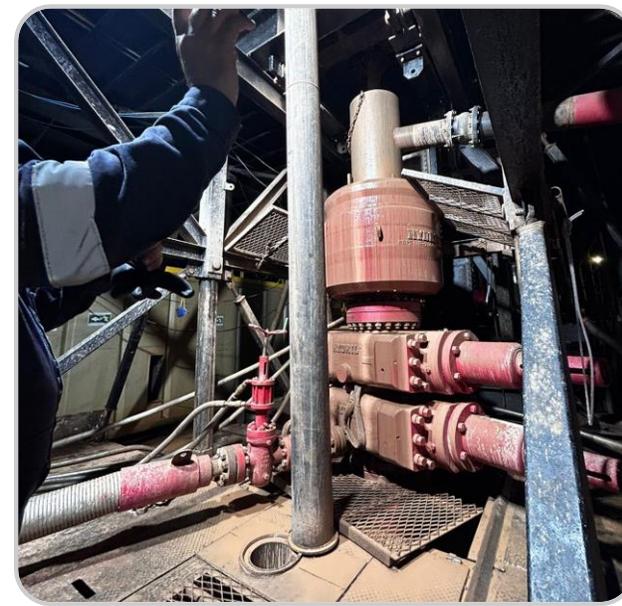


tiroir à tiges

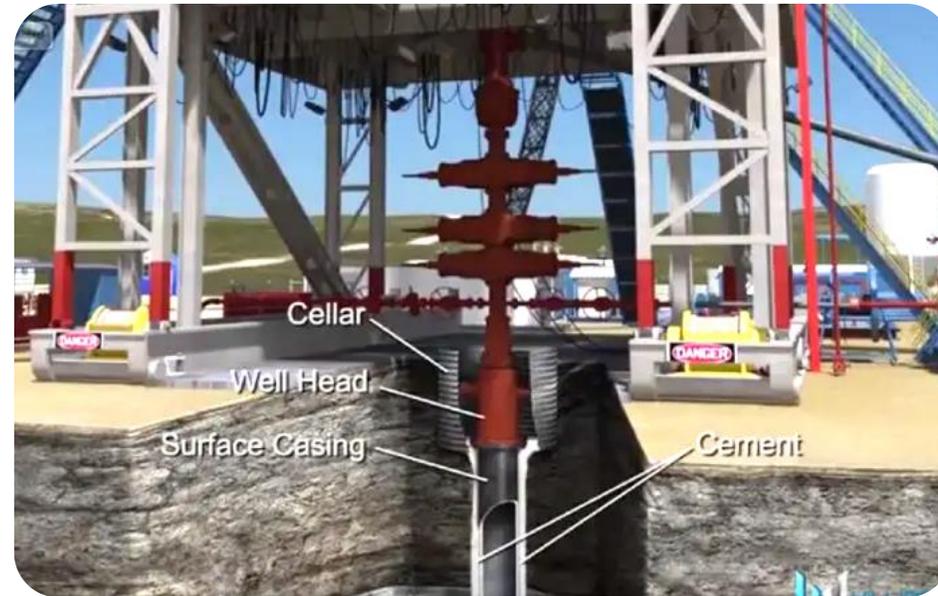


tiroir cisailant

## Système de contrôle



BOP installé



# Séquence d'un forage

1 - Forage des sections de surface

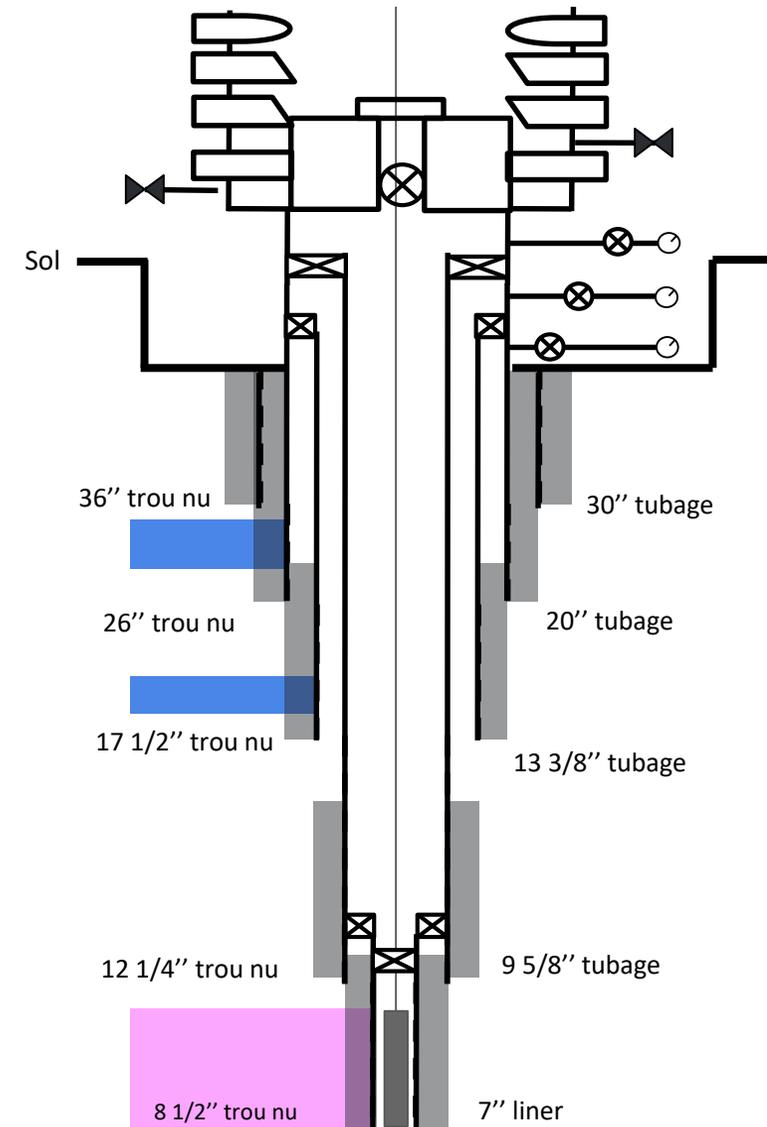
2- Forage des sections intermédiaire

3- Forage section cible

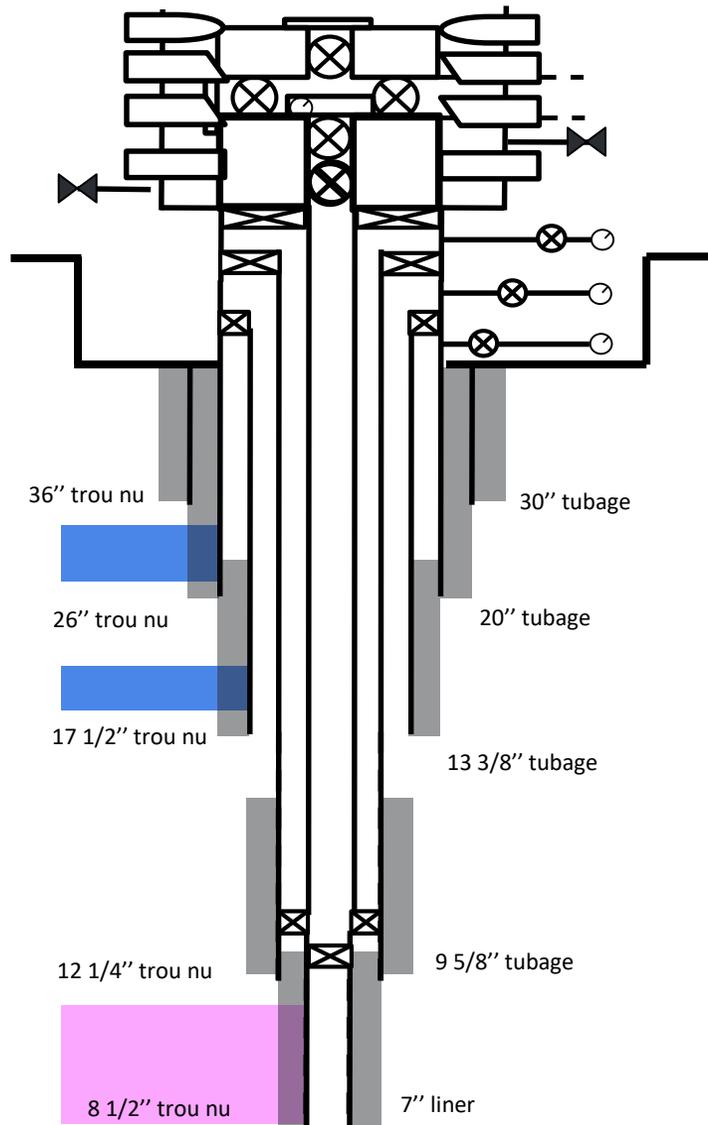
4- Acquisition de données & test de puits

5- Abandon temporaire

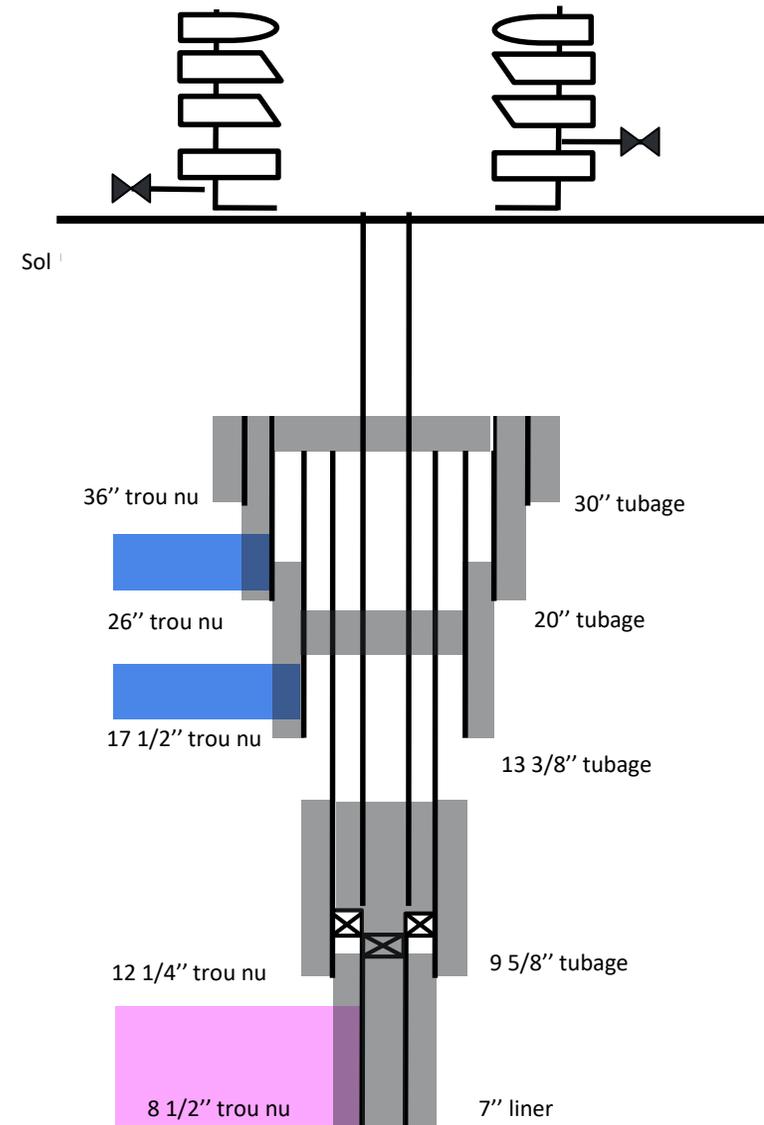
Ou abandon permanent si aucune ressources n'est découverte.



# Complétion du puits



# Abandon

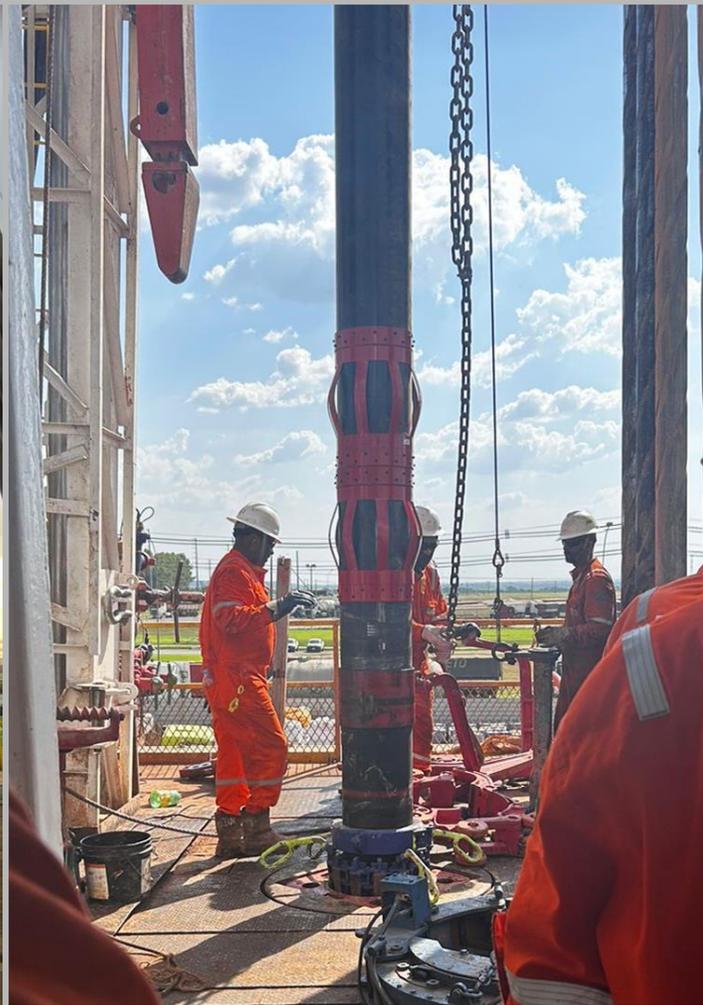


# Les tubages

Tubage 508mm



Tubage 334mm



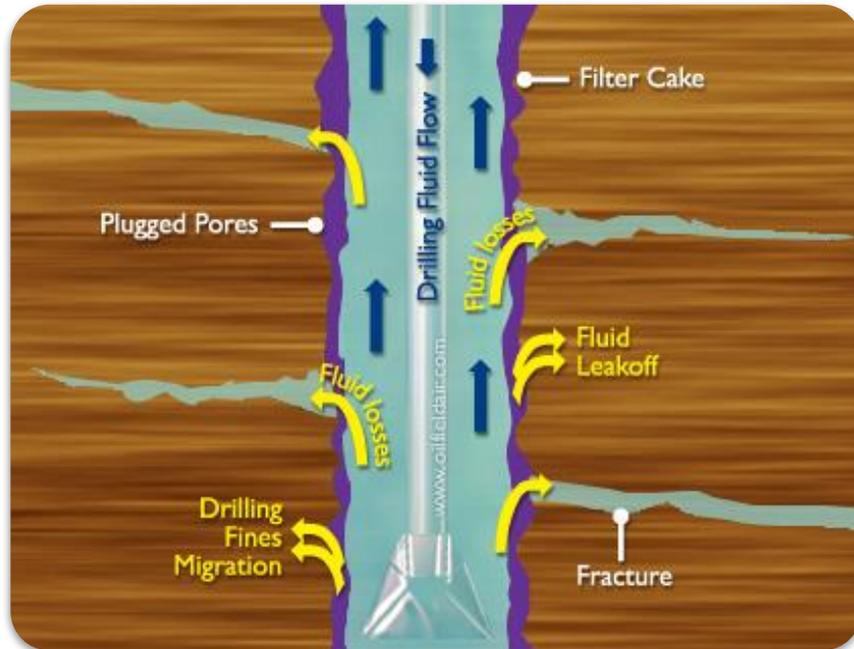
Connection



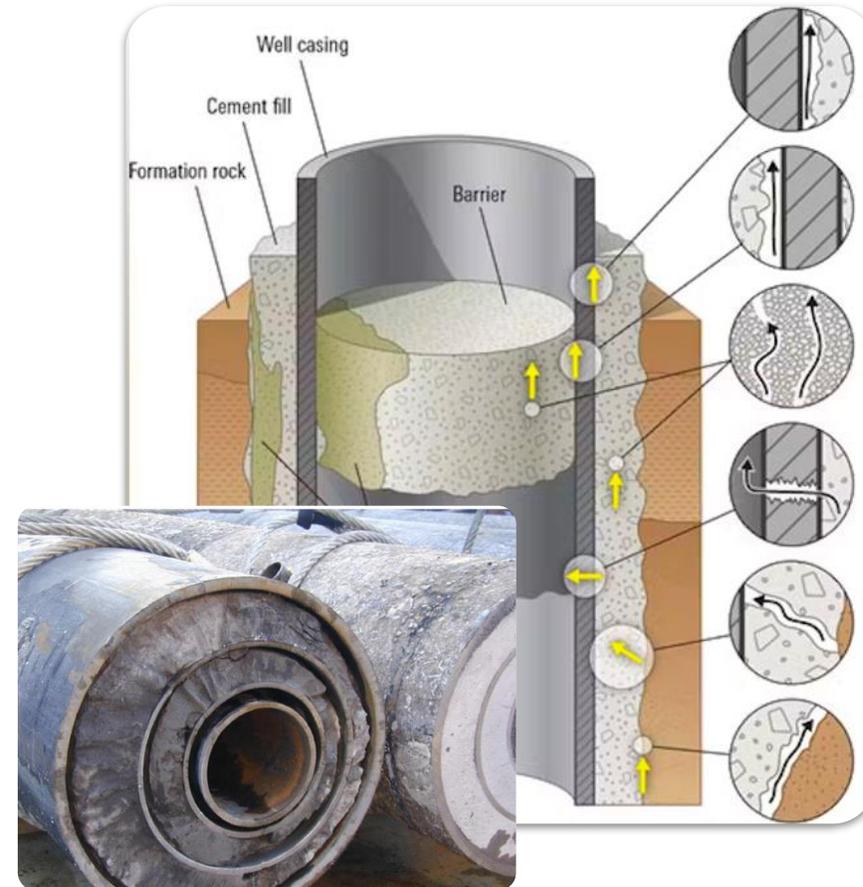
Stock de tubages

# Aspects technique des forages

La boue, avec ses particules, isole la roches et les fracture du trou de forage



Les cimentations isolent les roches. La vérification des cimentations est importante.



# Risques

## Présence de gaz dangereux (CO2 ou H2S) dans les formations rocheuses:

- Mesure de contrôle: système de détections de gaz; BOP pour isoler le puits

## Présence de zone surpressurisé:

- Mesure de contrôle: système de détection d'influx; BOP pour isoler le puits

## Perte de boue dans la roche:

- Mesure de contrôle: boue sans produits dangereux; design de boue adaptés

## Pertes d'isolation des aquifère

- Mesure de contrôle: design des cimentations; vérification des cimentations

## Incident / Accident:

- Mesure de contrôle: Equipe entraînée; organisation robuste; Procédure de gestion des aléas; Suivi des meilleures standards internationaux

Pays Bas: Design de puits de géothermie profonde durable 2021;

Allemagne: BVEG 2021 - Directive pour l'intégrité des puits (Bohrungsintegrität)

Norvège: Standard de Sureté des forages et des puits - NORSOK D-010

# **DEUXIÈME PRÉSENTATION**

## **LES TREMBLEMENTS DE TERRE : ÉCHELLE DE MAGNITUDE, RISQUES ET MESURES DE PRÉVENTION**



Dr Philippe Roth,  
spécialiste en sismologie et risques sismiques,  
Service sismologique suisse



# Les tremblements de terre

Échelle de magnitude, risques et mesures de prévention

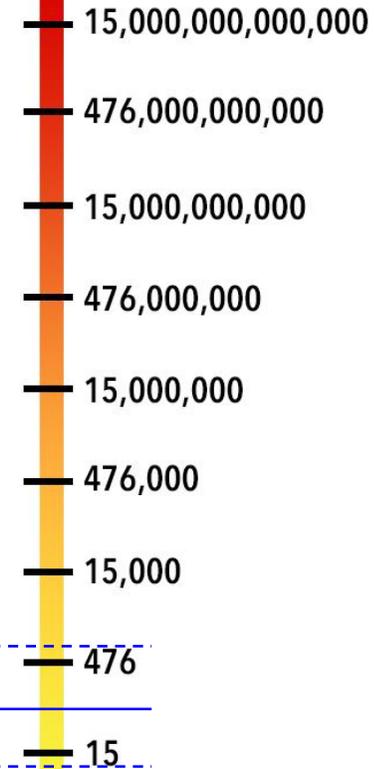
Philippe Roth, Service sismologique suisse (SED) à l'ETH de Zurich



# Échelle de magnitude



## Dégagement d'énergie (équivalent en Kg de TNT)



## Equivalent d'énergie

## Tremblements de terre

Chili (1960)  
Alaska (1964)  
Sumatra (2004)  
Japan (2011)  
Chili (2010)

Haiti (2010)  
Bâle (1356)

Réclère (2023)



## Nombre de tremblements de terre par an (dans le monde)

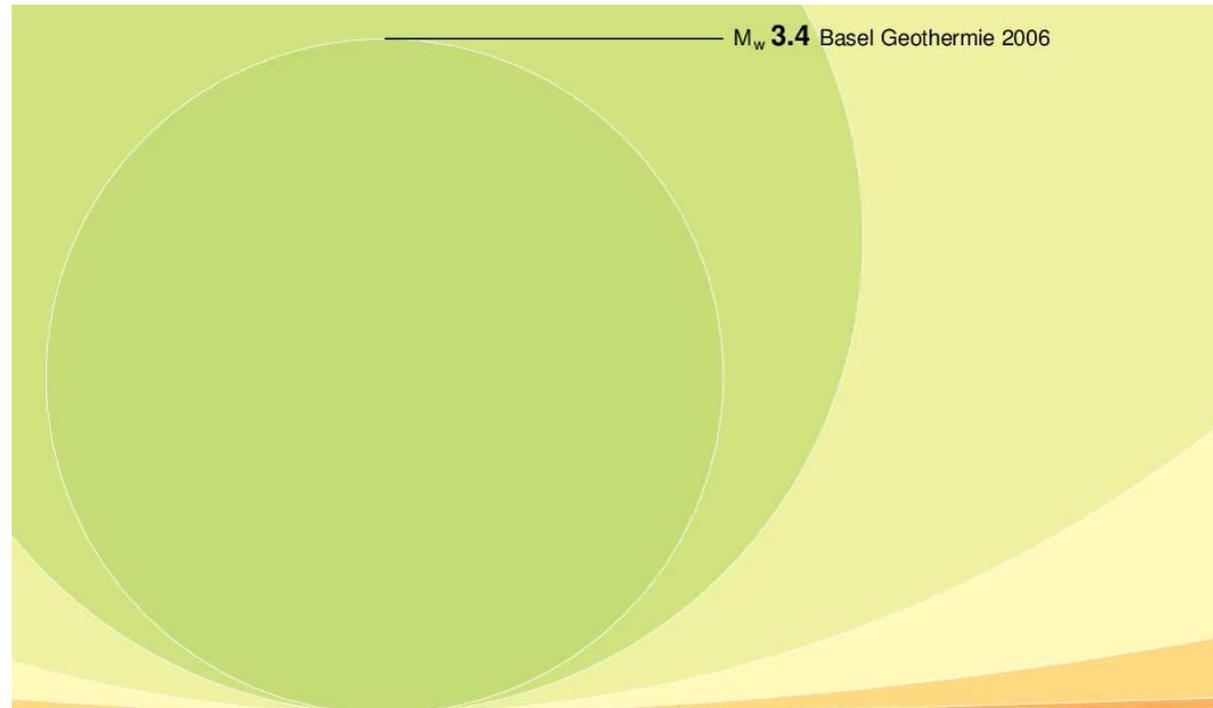
## Magnitude

### Effets

- 10 — les plus grands séismes, destructions sur une vaste zone, massives pertes de vies humaines
- 9 — très grands séismes, graves répercussions économiques, d'importantes pertes en vies humaines
- 8 — grands séismes dégâts matériels (milliards \$) pertes de vies humaines
- 7 — forts séismes dégâts matériels importants
- 6 — séismes modérés quelques dégâts matériels
- 5 — légers séismes perceptibles
- 4 — Séismes mineurs souvent ressentis
- 3 — Généralement pas ressenti

Seuil de ressenti individuel

# Magnitude

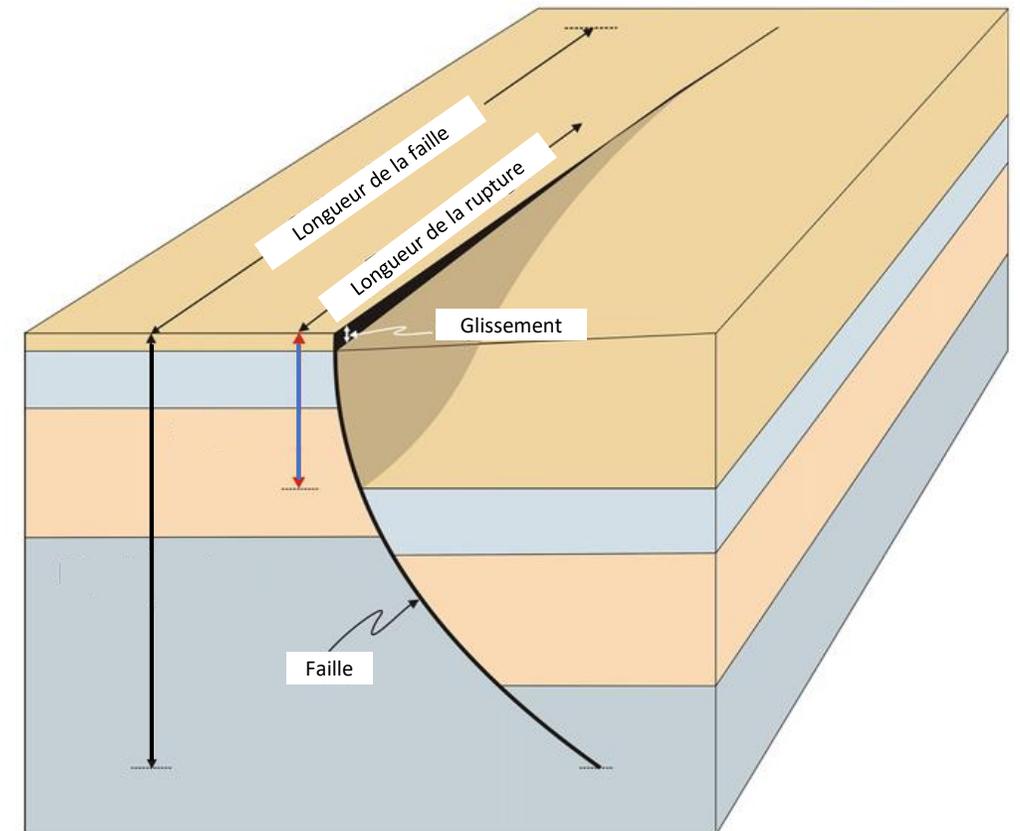


- Charles Francis Richter
- Mesure l'énergie et la taille de la source
- **Une** valeur par événement
- Un séisme de magnitude 4 libère
  - ~32 fois plus d'énergie qu'un séisme de magnitude 3 et
  - 1000 fois plus qu'un séisme de magnitude 2

# Magnitude et dimensions de la rupture et du glissement

Magnitude	Longueur de la rupture	Glissement moyen
<b>Ordres de grandeur</b>		
-1	2 m	0,1 mm
0	10 m	0,3 mm
1	30 m	1 mm
2	90 m	3 mm
3	300 m	1 cm
3,4 (type Bâle)	500 m	1 - 2 cm
4	1 km	2 - 3 cm
4,3 (type Réclère)	1,3 - 1,5 km	3 - 4 cm
5,5 (type Pohang)	5 - 6 km	14 - 18 cm
6,6 (type Bâle)	25 - 30 km	50 cm - 1 m
9	500 - 800 km	10 - 20 m

BRGM (2022)



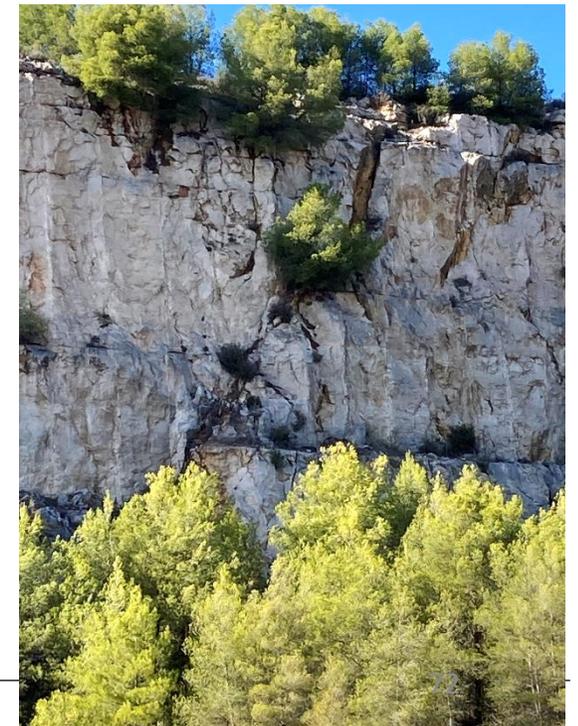
## Magnitude et dimensions de la rupture et du glissement

Magnitude	Longueur de la rupture	Glissement moyen
<b>Ordres de grandeur</b>		
-1	2 m	0,1 mm
0	10 m	0,3 mm
1	30 m	1 mm
2	90 m	3 mm
3	300 m	1 cm
3,4 (type Bâle)	500 m	1 - 2 cm
4	1 km	2 - 3 cm
4,3 (type Réclère)	1,3 - 1,5 km	3 - 4 cm
5,5 (type Pohang)	5 - 6 km	14 - 18 cm
6,6 (type Bâle)	25 - 30 km	50 cm - 1 m
9	500 - 800 km	10 - 20 m

BRGM (2022)



Glissement horizontal.  
Imperial Valley, Californie.  
1965, M 6,5



Glissement vertical.  
Les Calanques de Marseille.  
Temps géologiques

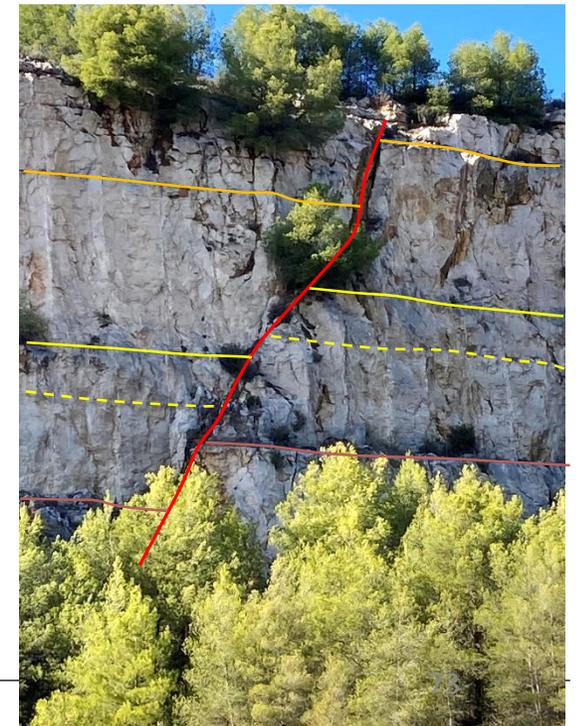
## Magnitude et dimensions de la rupture et du glissement

Magnitude	Longueur de la rupture	Glissement moyen
<b>Ordres de grandeur</b>		
-1	2 m	0,1 mm
0	10 m	0,3 mm
1	30 m	1 mm
2	90 m	3 mm
3	300 m	1 cm
3,4 (type Bâle)	500 m	1 - 2 cm
4	1 km	2 - 3 cm
4,3 (type Réclère)	1,3 - 1,5 km	3 - 4 cm
5,5 (type Pohang)	5 - 6 km	14 - 18 cm
6,6 (type Bâle)	25 - 30 km	50 cm - 1 m
9	500 - 800 km	10 - 20 m

BRGM (2022)

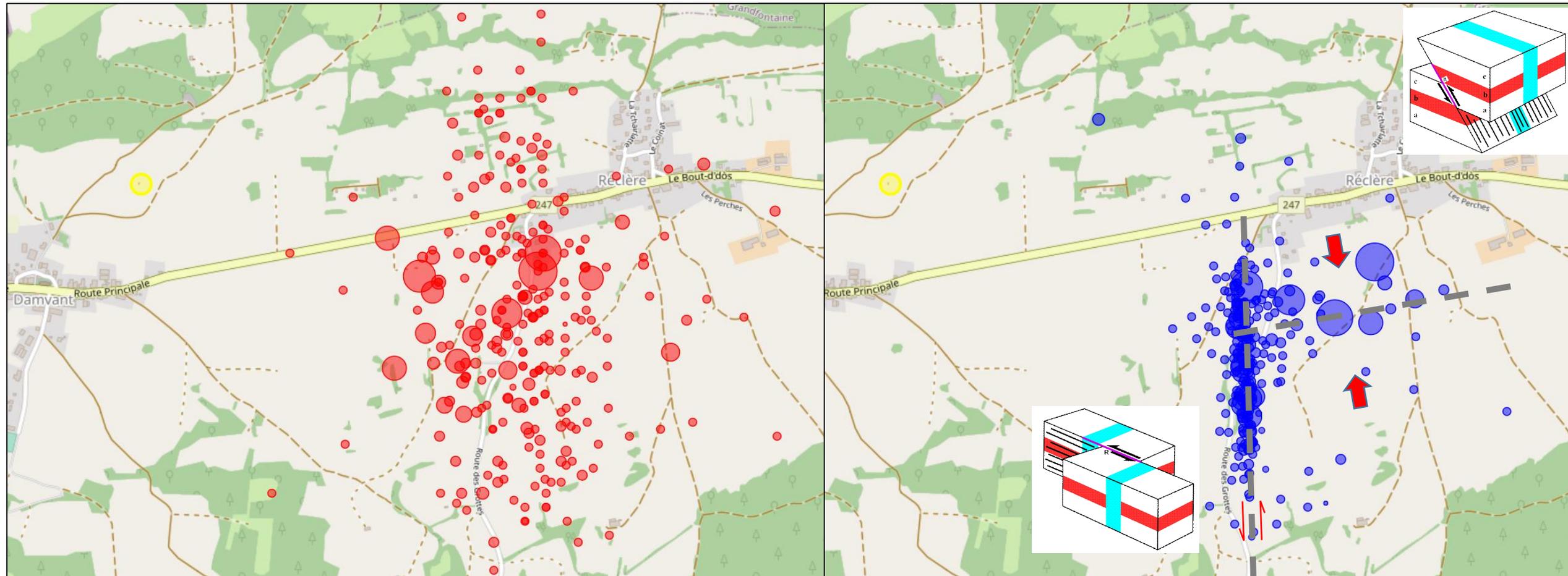


Glissement horizontal.  
Imperial Valley, Californie.  
1965, M 6,5

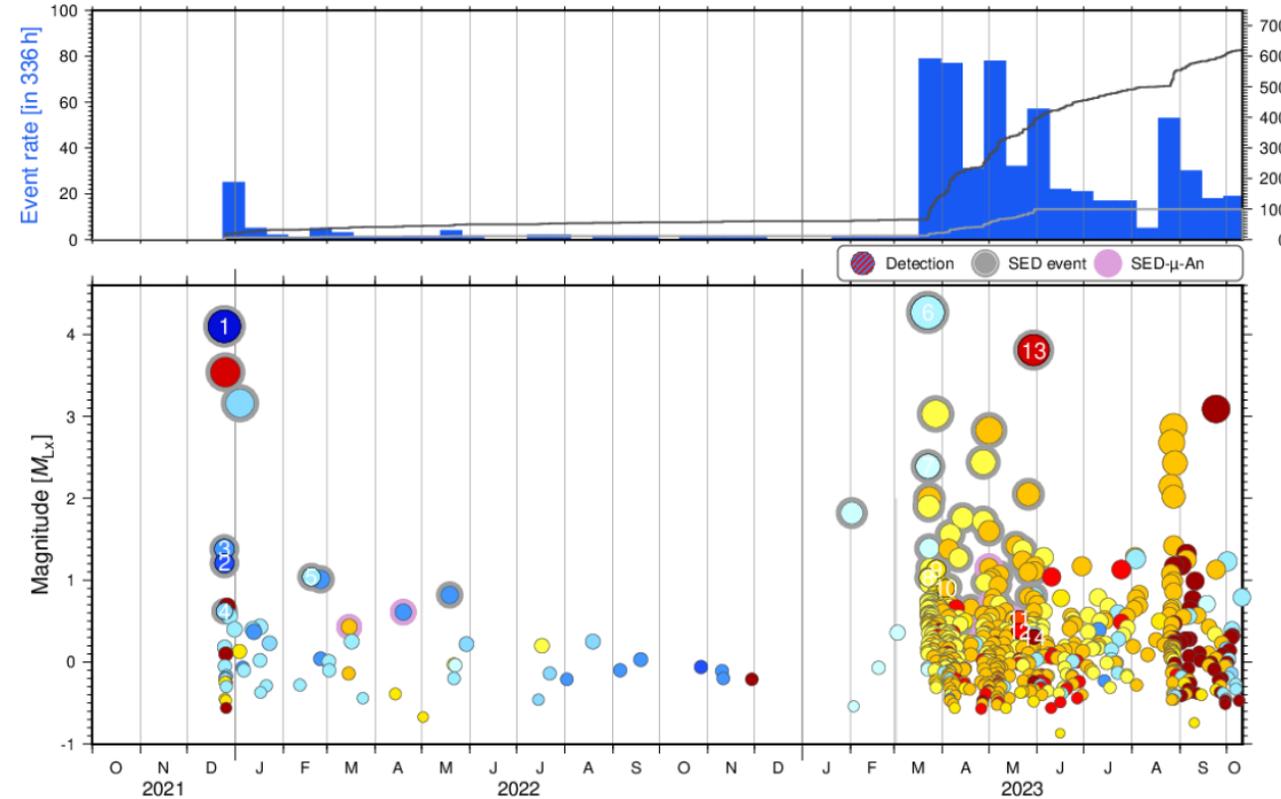
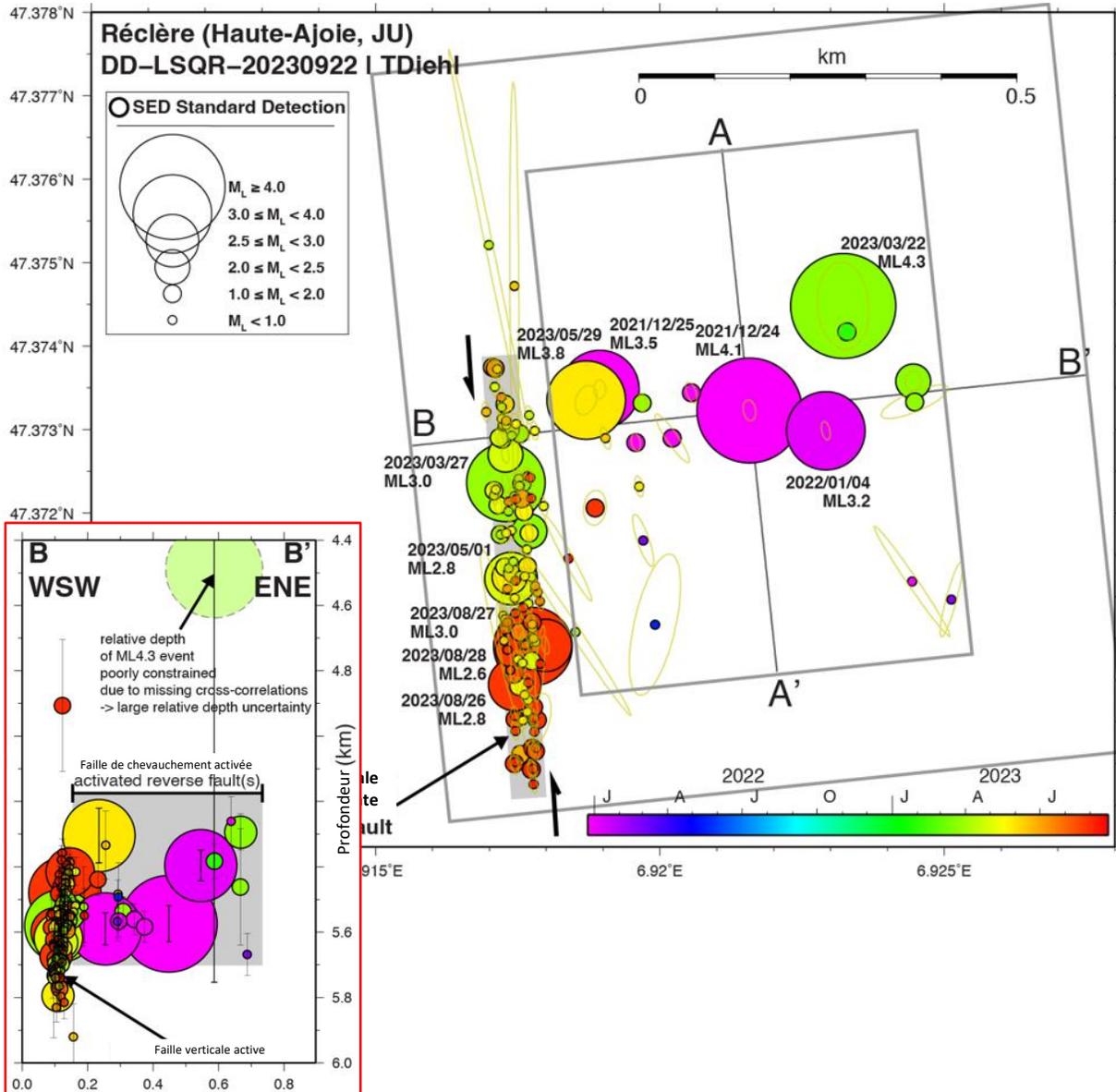


Glissement vertical.  
Les Calanques de Marseille.  
Temps géologiques

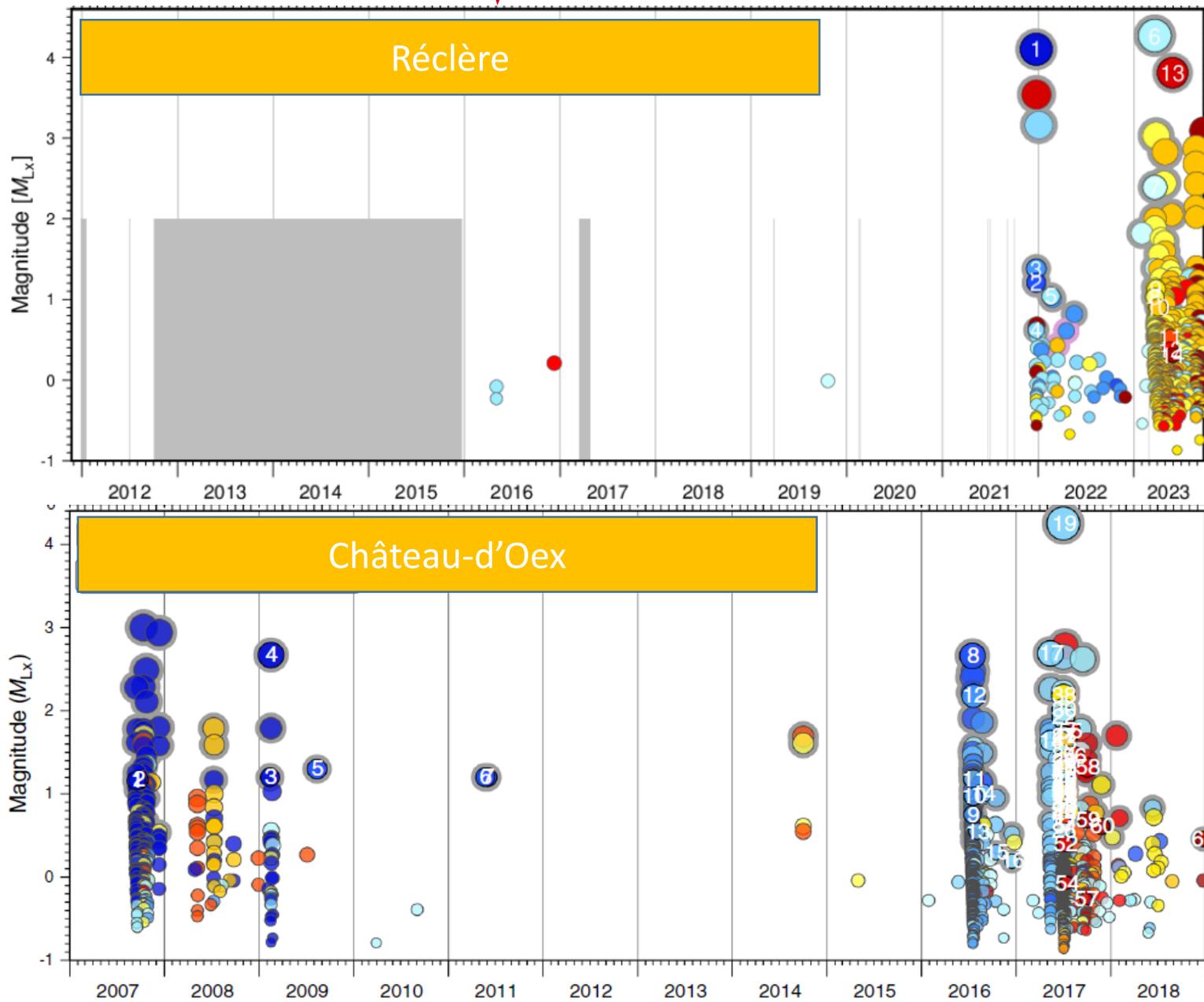
## La séquence de Réclère – Localisations absolues et relatives



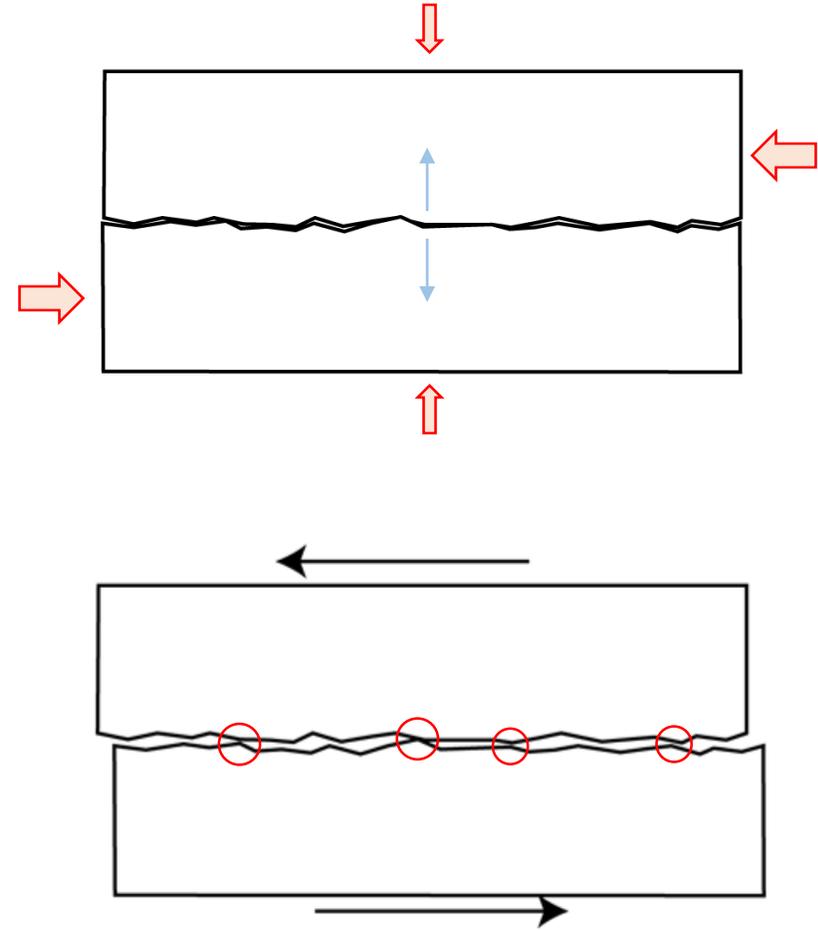
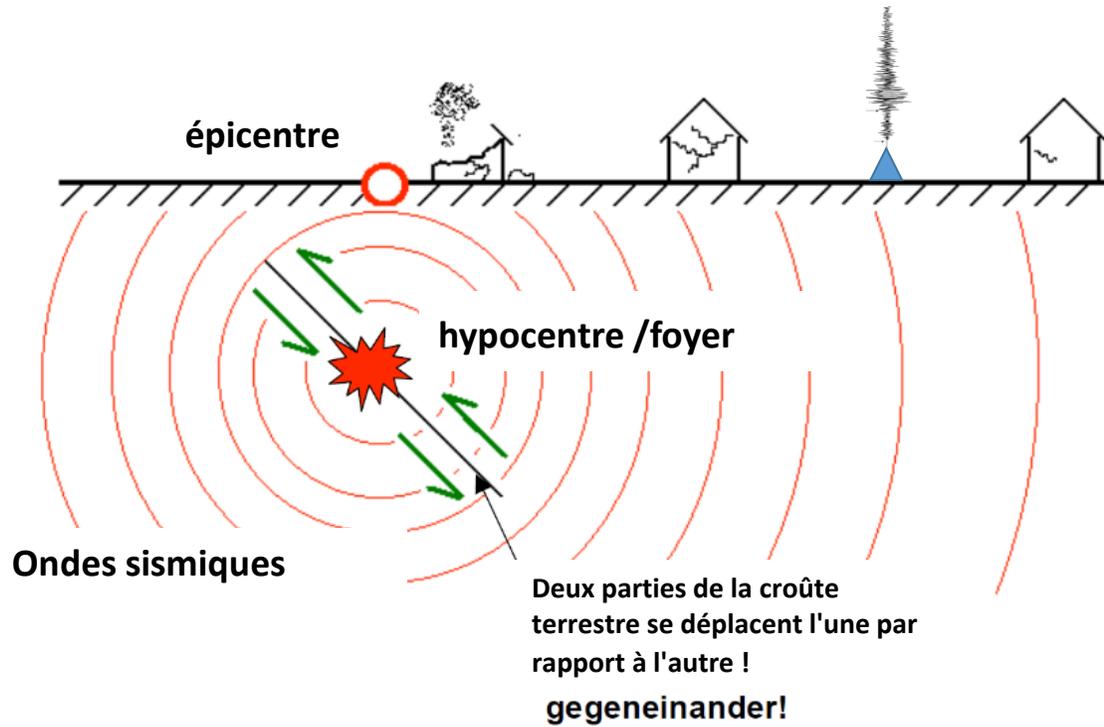
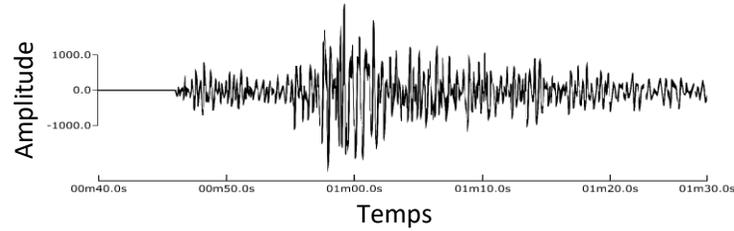
# La séquence de Réclère – Distribution dans l'espace et le temps



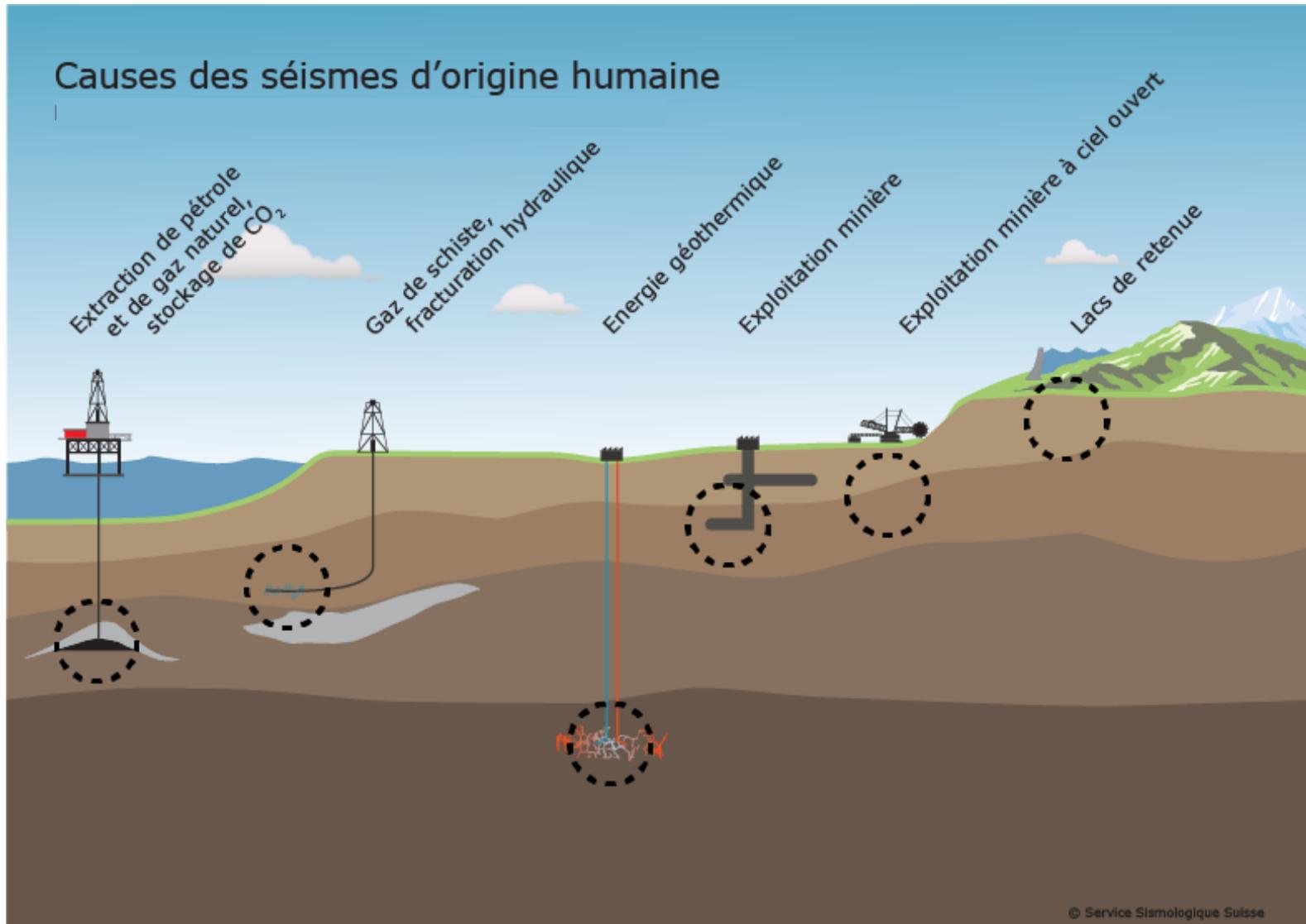
# Réclère vs. Château-d'Oex



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



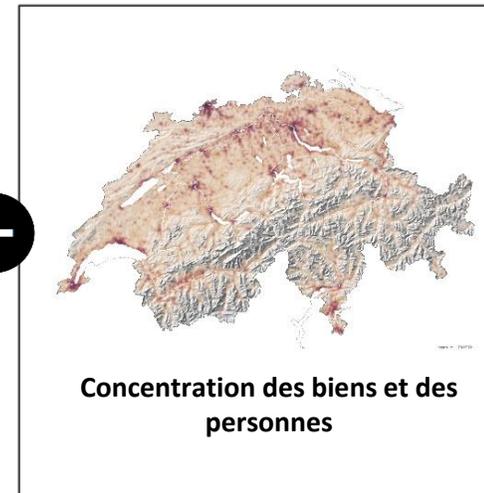
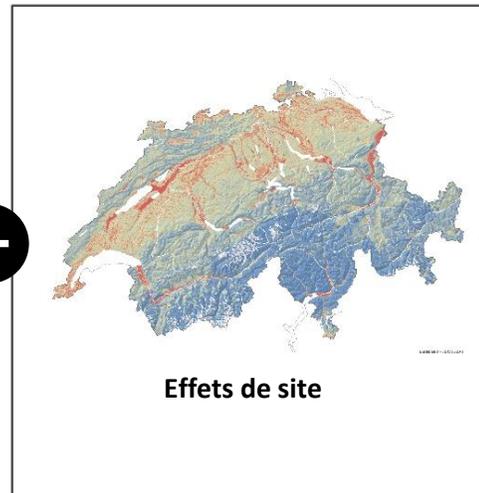
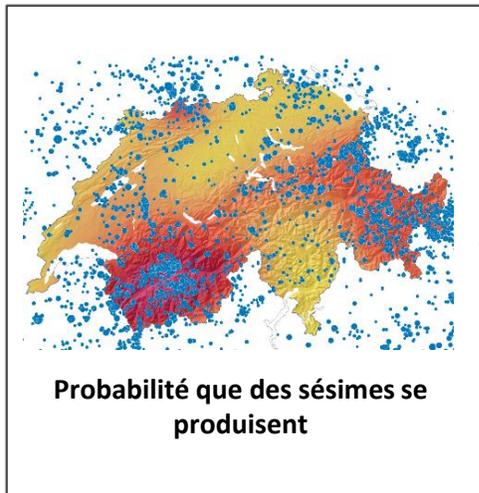
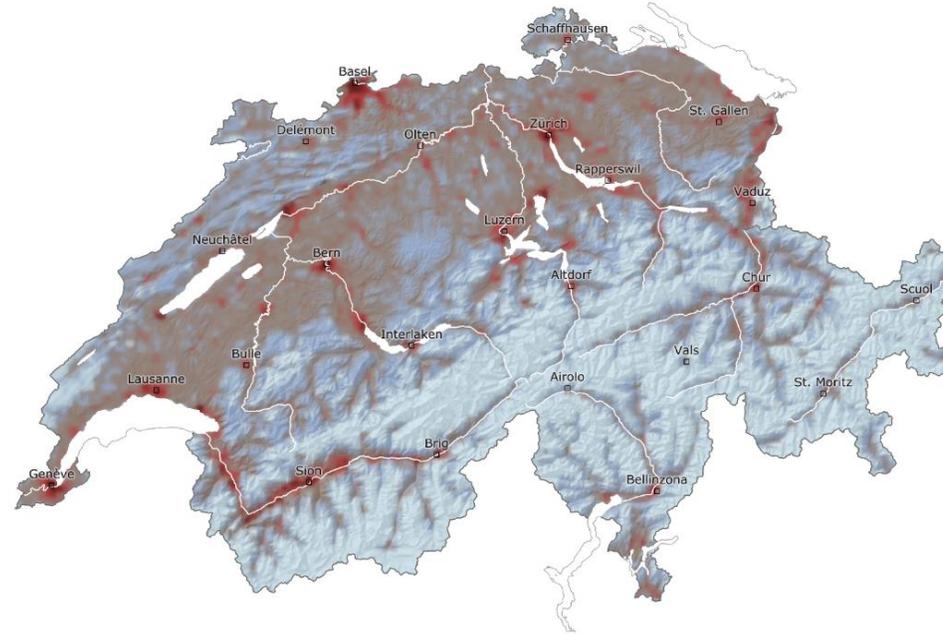
## Différentes causes de sismicité induite



Physiquement les séismes naturels et induits ne sont pas différents, et logiquement, leurs sismogrammes pas non plus.

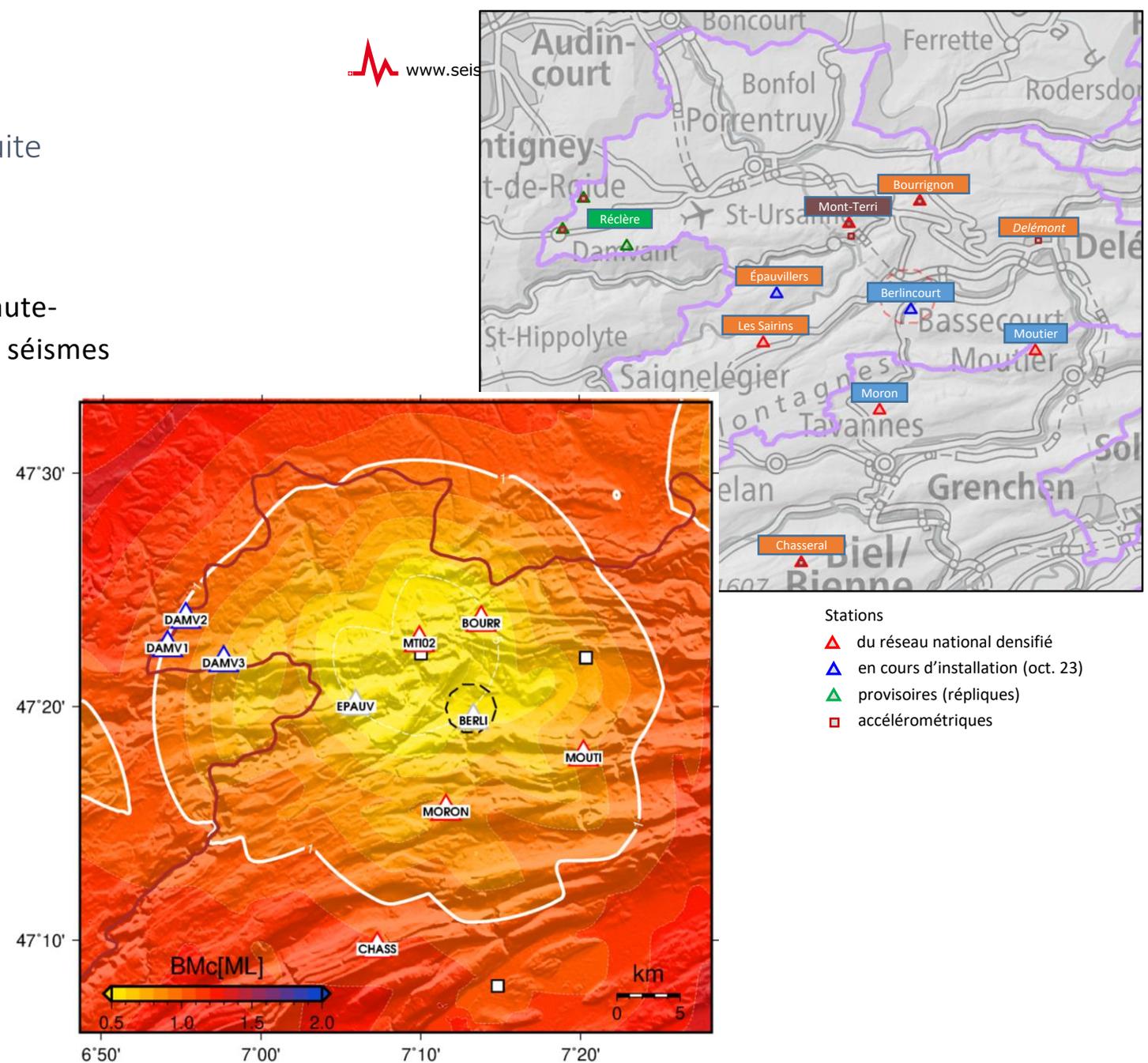
C'est sur la base de leur emplacement exact et du moment auquel ils se produisent qu'il est possible de tirer des conclusions.

# Qu'est-ce que le risque sismique?



## Mesures de mitigations en matière de sismicité induite

- Du ressort de l'opérateur
- Le rôle du SED, à l'échelon fédéral, est d'effectuer la haute-surveillance en matière de séismes, d'alerter en cas de séismes importants de tous types.
- Pour le(s) canton(s), le SED
  - commente les rapports et décisions de l'opérateur soumis au canton en lien avec la sismicité induite, notamment les analyses de risque sismique,
  - participe au Groupe d'Experts Indépendants,
  - met en place un réseau de stations pour une surveillance plus fine en temps réel et transparente,
  - fournit les alarmes 24/24, 7/7 pour les systèmes de feux de trafic.



# Information publique sur la surveillance sismique de projets géothermiques

## Exemple de Vinzel / VD

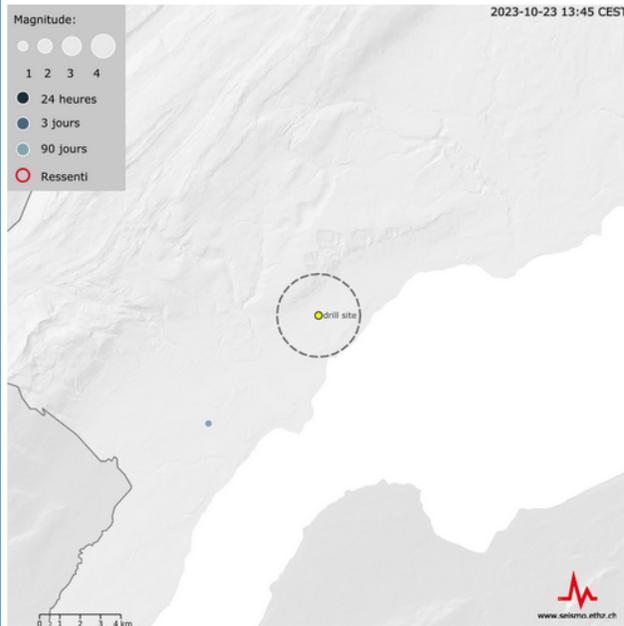
### Géothermie Vinzel

#### Liste des tremblements de terre

Les cartes et listes ci-dessous présentent les tremblements de terre enregistrés depuis le 15.10.2019 dans la région de Vinzel.

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 figurent dans la liste. 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 Vinzel sont en général l'expression d'une activité sismique naturelle et ne sont pas forcément liés au projet de géothermie d'EnergieO.



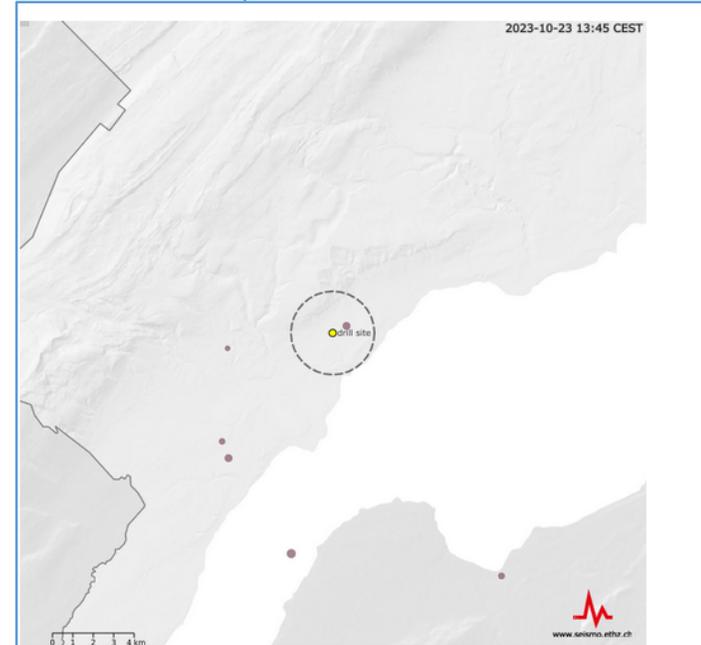
#### En savoir plus

Description du projet Vinzel

Le réseau de surveillance près de Vinzel

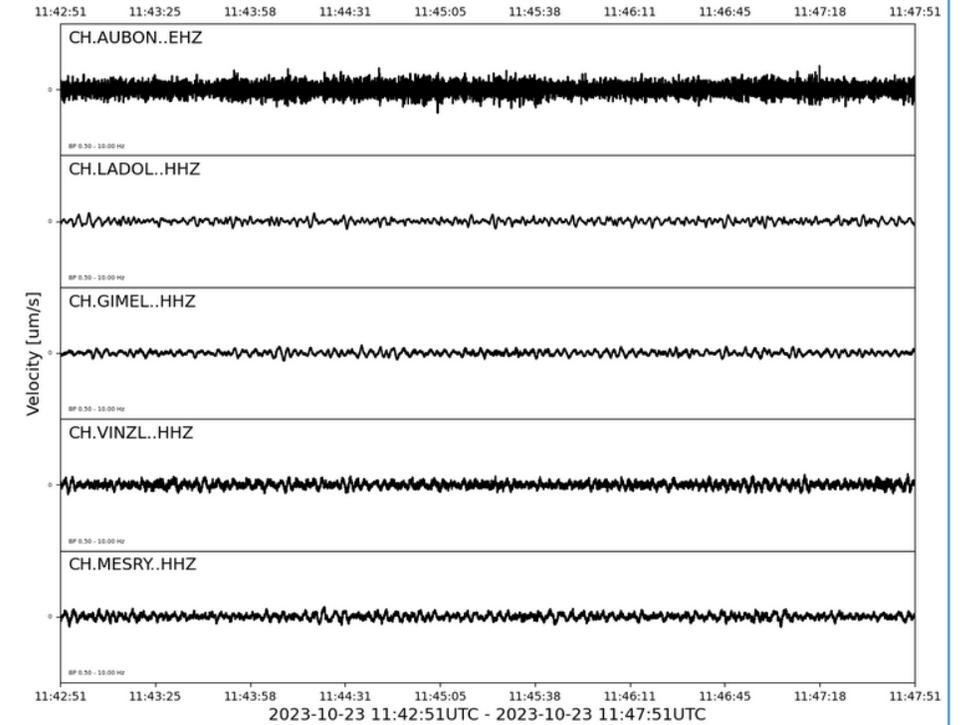
La sismicité naturelle locale près de Vinzel

Sismogrammes temps réel près de Vinzel



Local Time	Magnitude	Location	Depth	Latitude	Longitude	Event Type	Location Type	Agency
2023-08-26 22:50	0.6	Nyon VD	5.3	46.39	6.22	earthquake	manual	SED
2023-05-16 03:16	0.9	Nyon VD	2.4	46.45	6.29	earthquake	manual	SED
2023-03-28 04:28	0.4	Nyon VD	3.4	46.43	6.22	earthquake	manual	SED
2022-09-20 10:57	0.9	Nyon VD	3.2	46.39	6.22	earthquake	manual	SED
2021-05-26 06:06	1.1	Nyon VD	-0.4	46.35	6.26	earthquake	manual	SED
2020-11-15 07:10	0.7	Thonon-les-Bains F	-0.4	46.34	6.39	earthquake	manual	SED

### Sismogrammes des 5 dernières minutes



### Sismogrammes des 20 dernières minutes



Schweizerischer Erdbebendienst  
Service Sismologique Suisse  
Servizio Sismico Svizzero  
Swiss Seismological Service

**ETH** zürich

Merci pour votre attention

# ÉCHANGES ET DISCUSSIONS



Modération: Pascal Mahon

# **CONCLUSION**



Pascal Mahon, président de la CSI