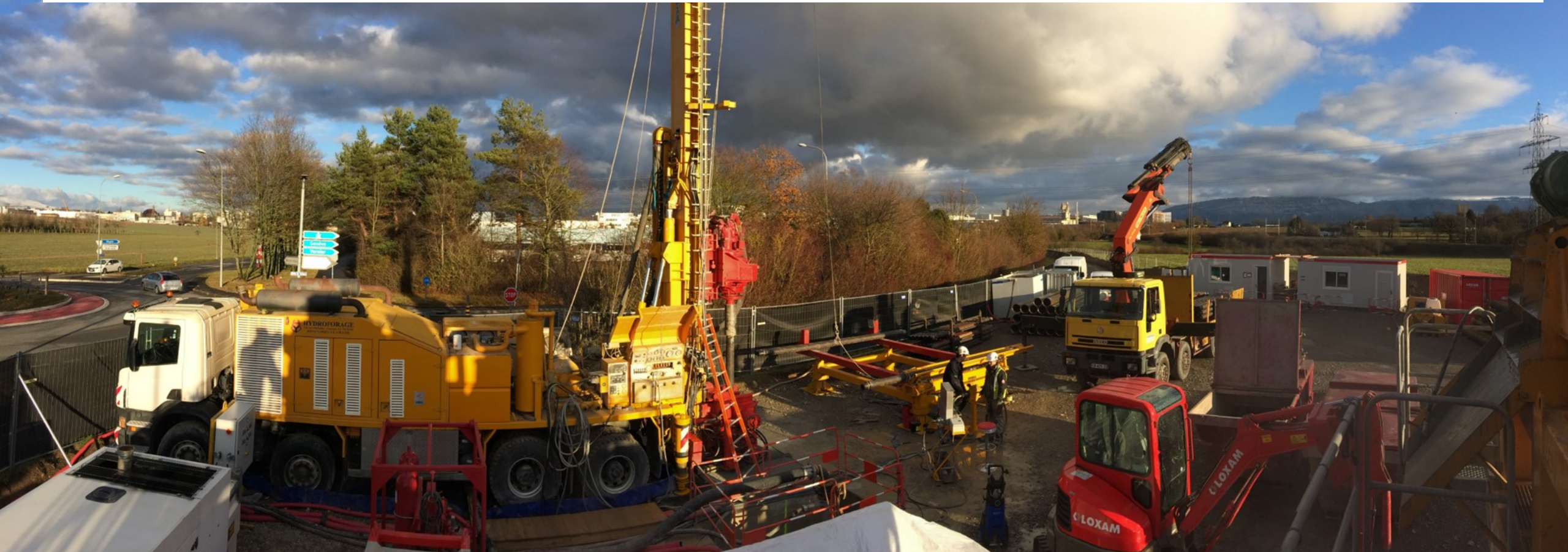
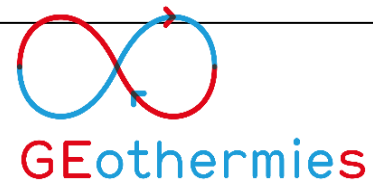


Valorisation des données sismiques 3D: Une étape clé pour l'identification des zones propices à l'exploration de la ressource géothermique à moyenne et grande profondeur

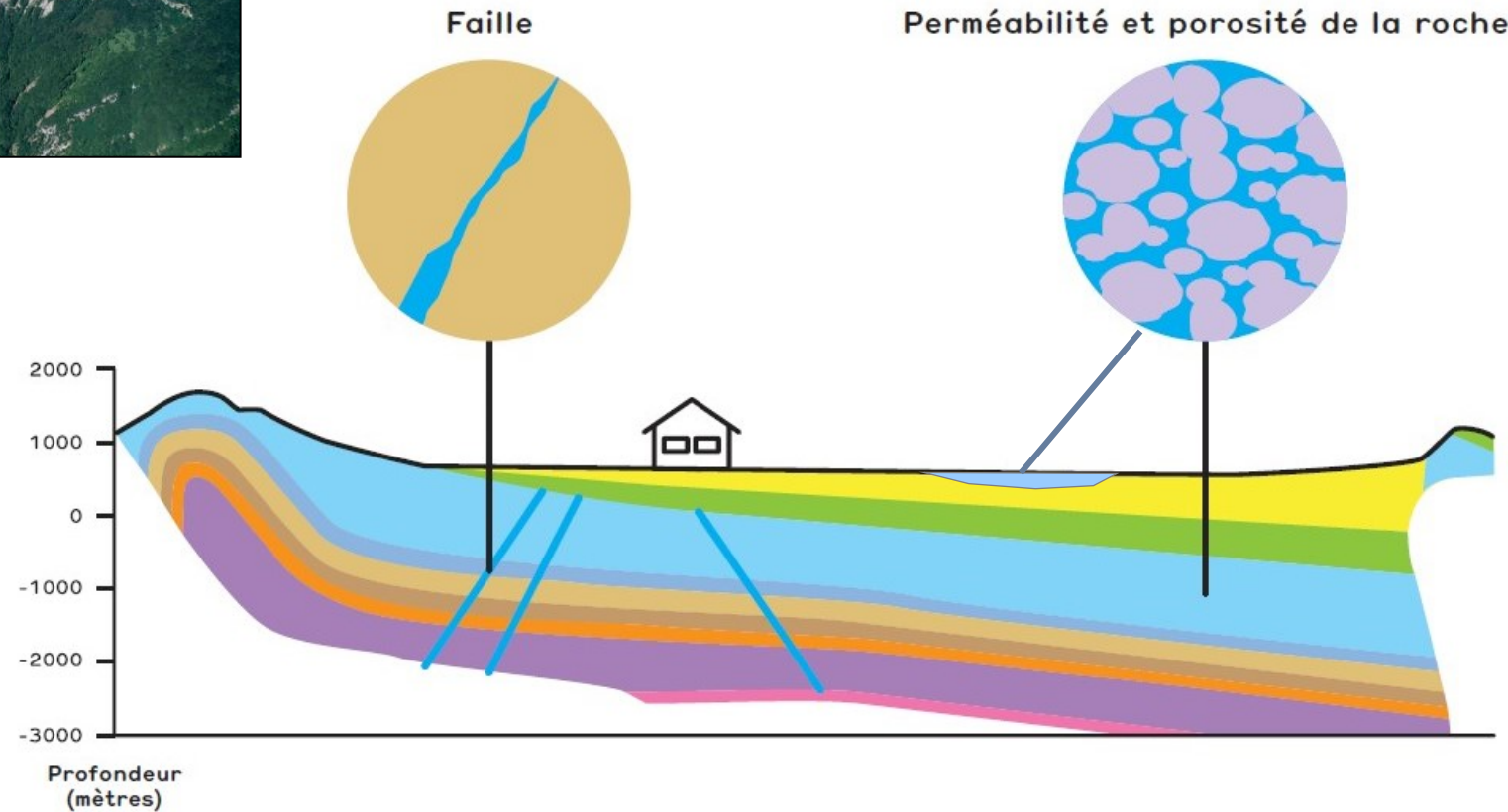
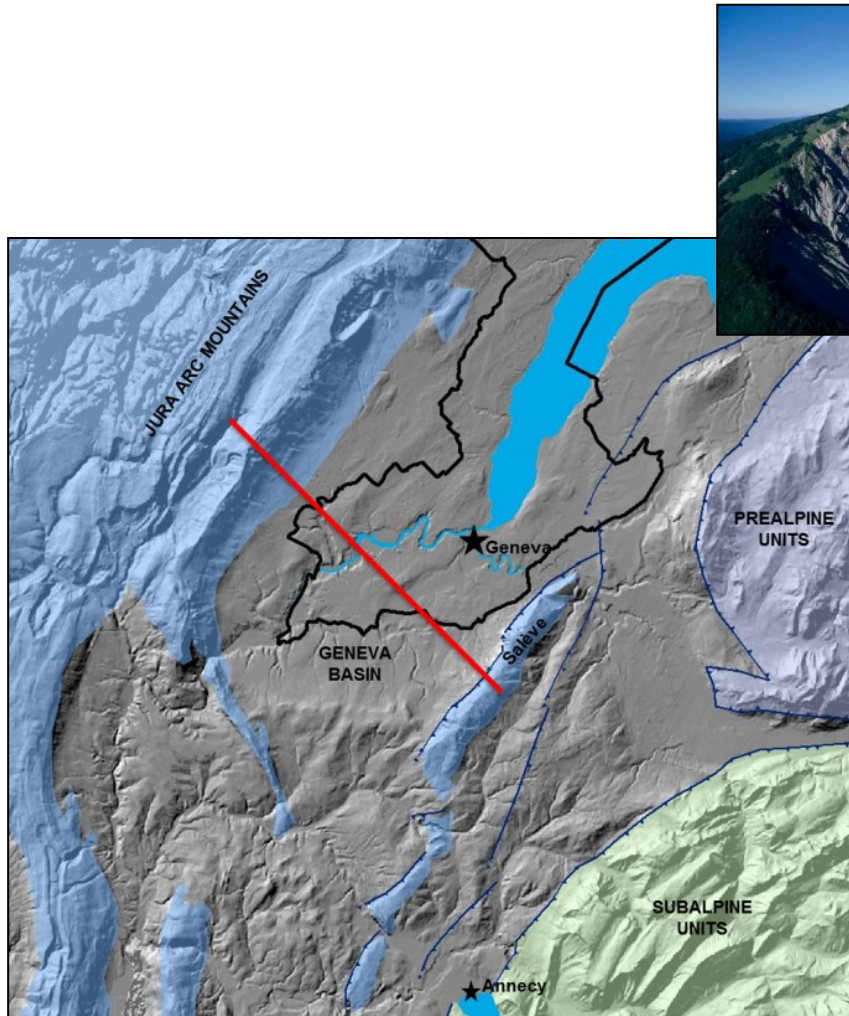


Carole Nawratil de Bono - SIG



Prérequis géologique

L'eau doit pouvoir circuler dans des roches!!
...comment selon vous? Et d'où vient cette eau?

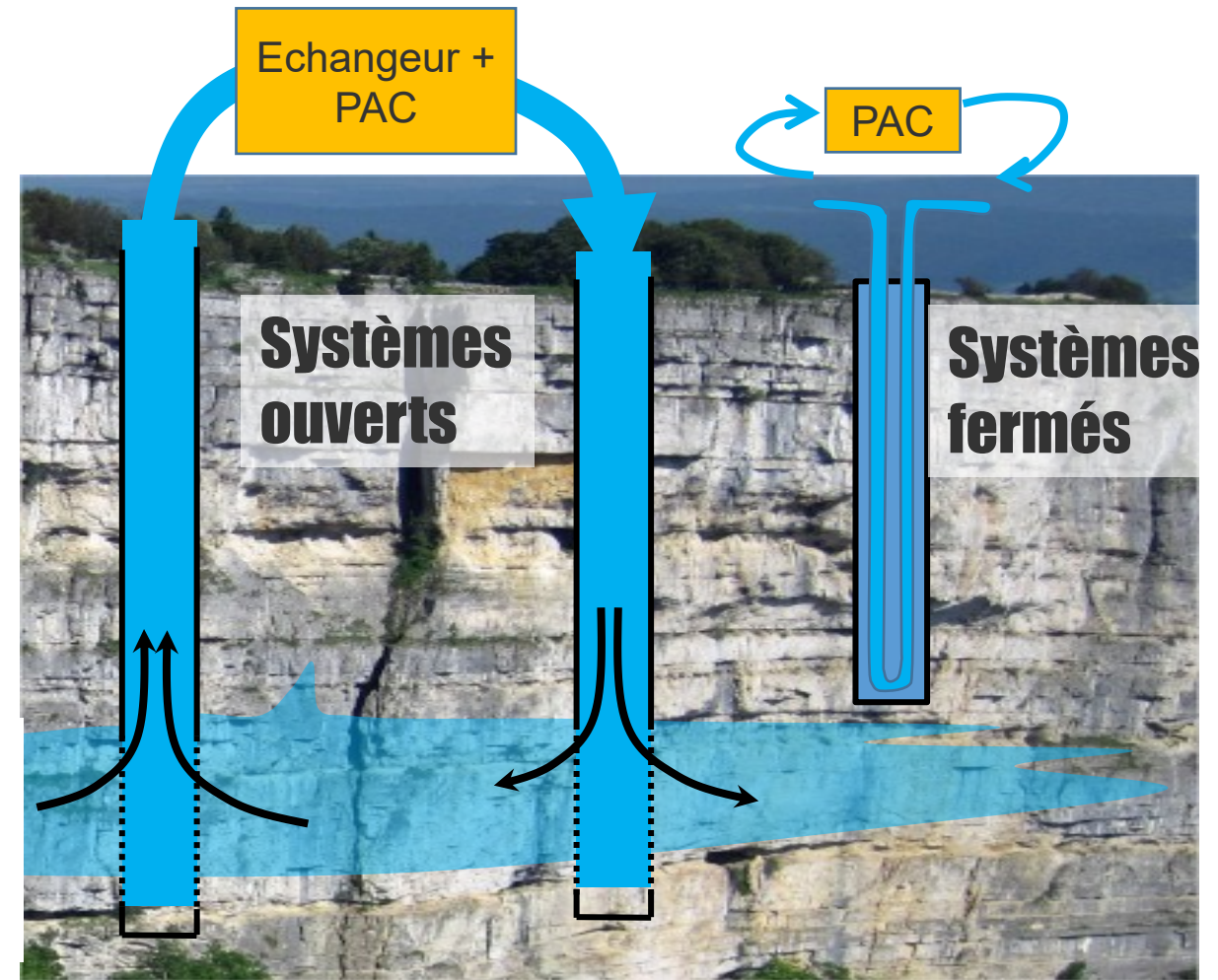


Exploitation thermique de la chaleur du sous-sol

- Température: liée à la profondeur (env. 30 - 35°/ km d'enfouissement)
- Grâce à leurs températures constantes, les eaux souterraines offrent de très bonnes conditions de **chauffage et de refroidissement**
- La quantité d'énergie extraite dépend de 2 paramètres:

$$\text{Puissance} = \text{débit} \times \Delta T$$

- Débit: lié à la perméabilité et au gradient hydraulique

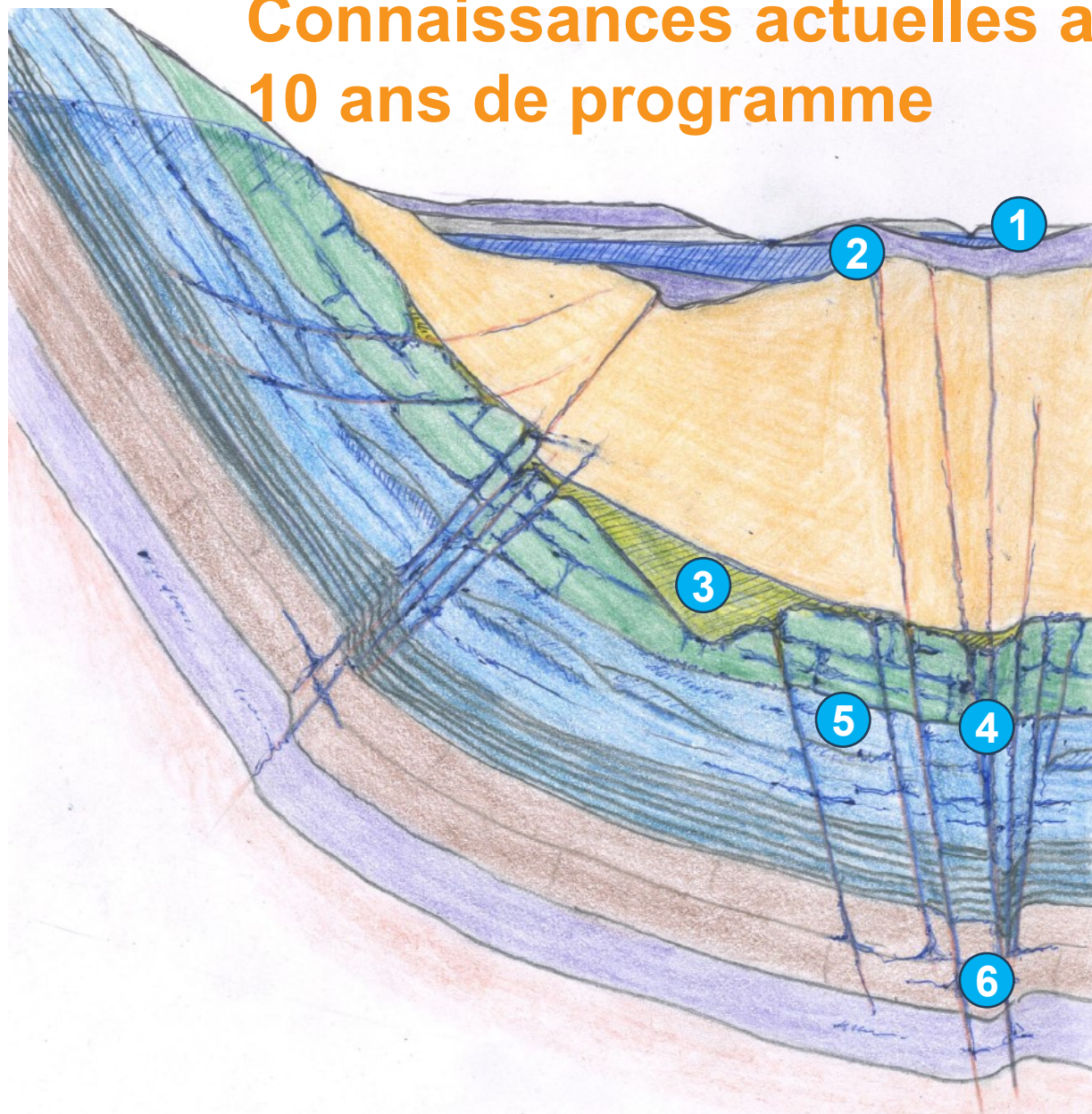


10 ans de programme exploratoire pour la géothermie

- Campagnes sismiques 2D et 3D
- Forages GGeo-01 et GGeo-02
- Etudes régionales et académiques pour qualifier les types de réservoirs d'eau, les écoulements à travers les massifs calcaires, les contraintes tectoniques et les comportements des roches à la compression et à la dissolution
- Apprentissage grâce aux retours d'expérience des forages régionaux (Thônex, Vinzel, Montagny, Lavey)
 - De l'eau se trouve en quantité dans les zones fracturées et faillées du Crétacé et du Malm (GGeo-1 – Vinzel)
 - Des horizons karstiques (niveaux d'inception) qui conduisent de l'eau se retrouvent à l'échelle régionale dans les massifs calcaires ET dans nos forages
 - L'eau a un âge moyen de 10'000 ans
 - Un nouveau réservoir, potentiellement poreux et d'extension importante, a été mis en évidence– le Sidérolithique



Connaissances actuelles après 10 ans de programme

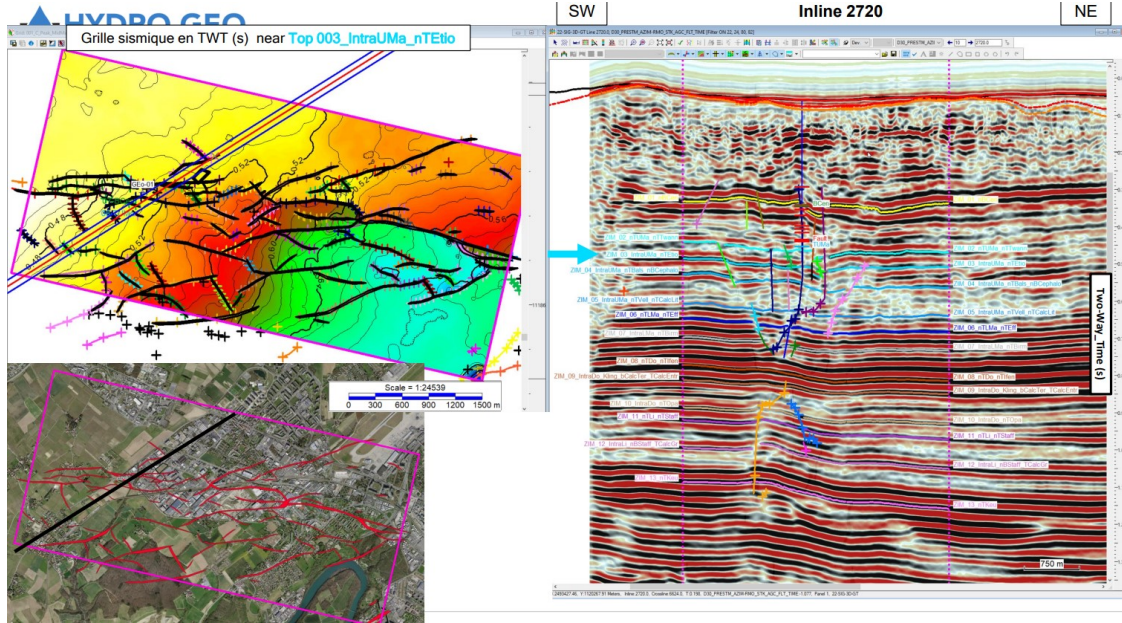


Cible géologique

Connaissance/utilisation

1 Nappes superficielles	Quelques pompages pour l'irrigation
2 Nappes quaternaires profondes	Eau potable, mais seulement sur une partie de la ressource. Géothermie (PAC)
3 Sidérolithique	Réservoir matriciel à explorer – rencontré à Géo-02
4 Failles dans le Crétacé - Malm	Rencontrées dans le forage Géo-01 Géothermie (T 30-80°)
5 Zones d'inception karstiques dans Crétacé - Malm	Rencontrées dans le forage Géo-01 et Géo-02- Géothermie
6 Réservoir du Dogger	Explo à faire pour qualifier - Géothermie (T 50-90°)

Identifier les cibles sur la sismique – zone de Géo-01



Analyse basée sur la sismique 3D:

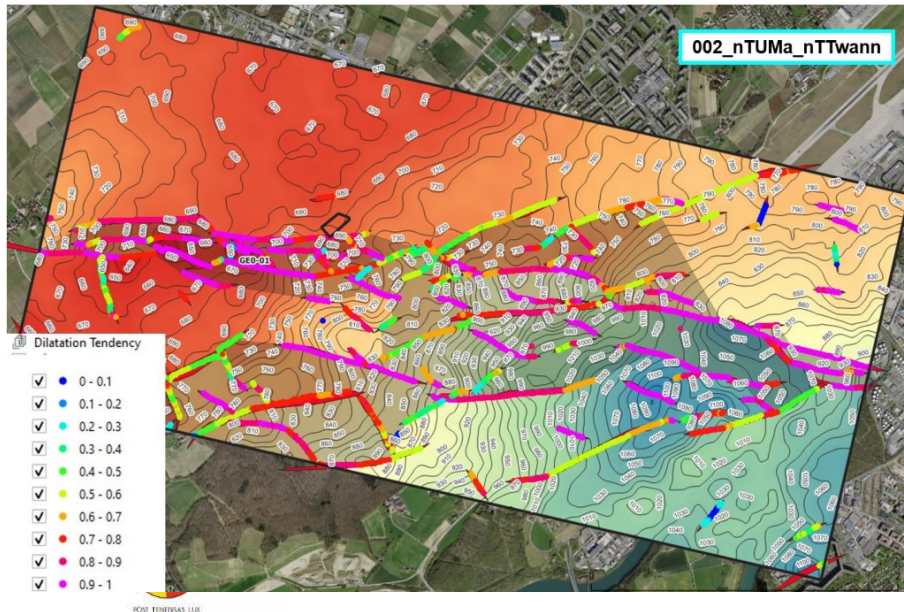
Avantage :

- La précision de l'orientation des failles
- Meilleure qualité de l'image car moins dépendante des perturbations locales dues aux dépôts de surface
- Coupes verticales dans toutes les orientations
- Coupes temporelles le long d'un horizon

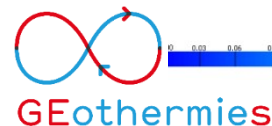


Clipping N-S Géo-01

Tendance à la dilatation

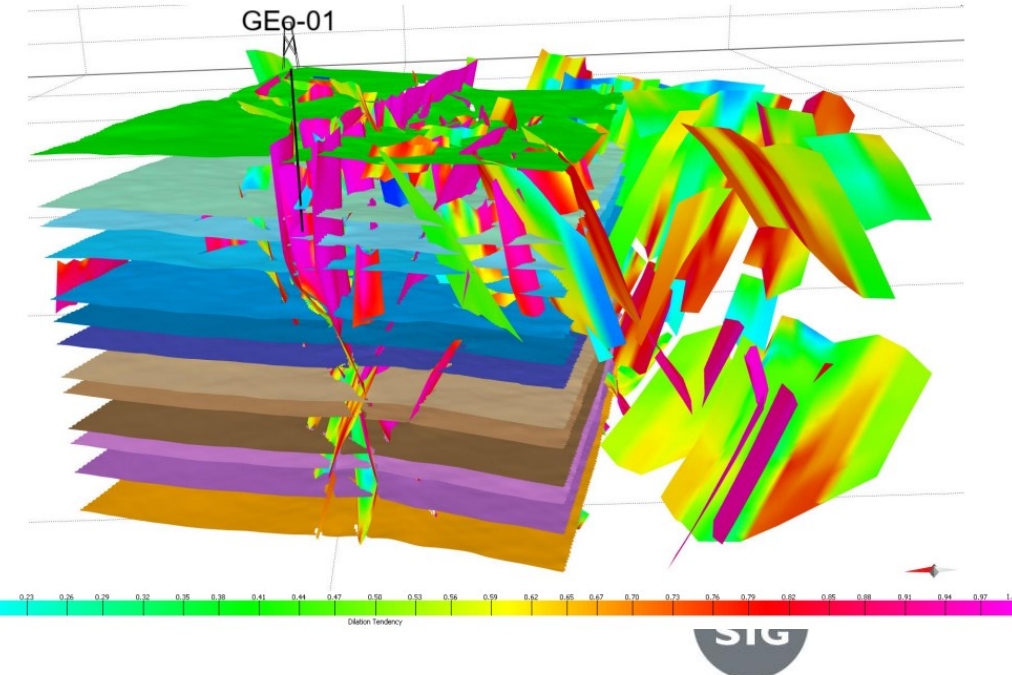


Application des contraintes structurales régionales pour identifier des secteurs de failles les plus favorables



Zimeysa 3D

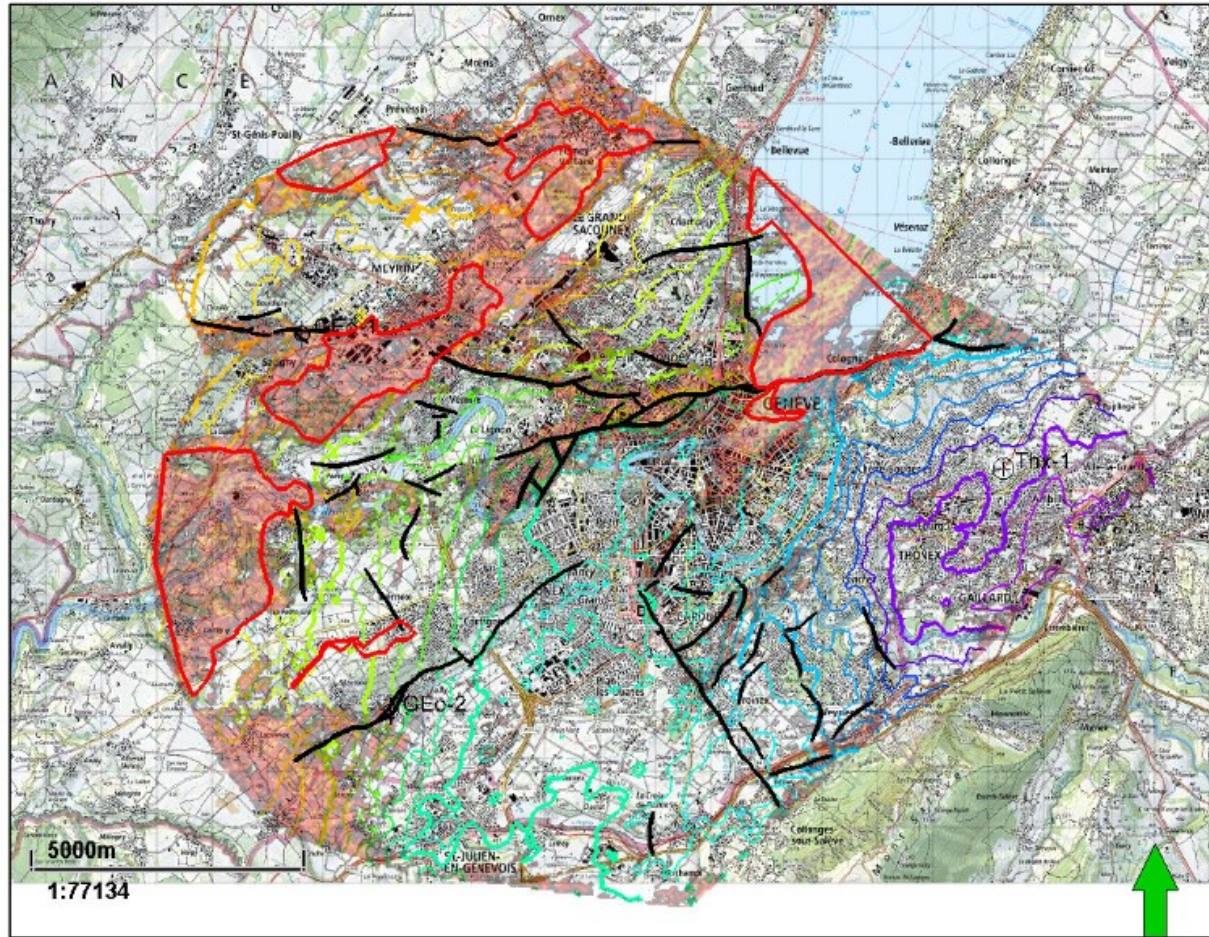
Vue de la Zone d'intérêt prouvée par Géo-01



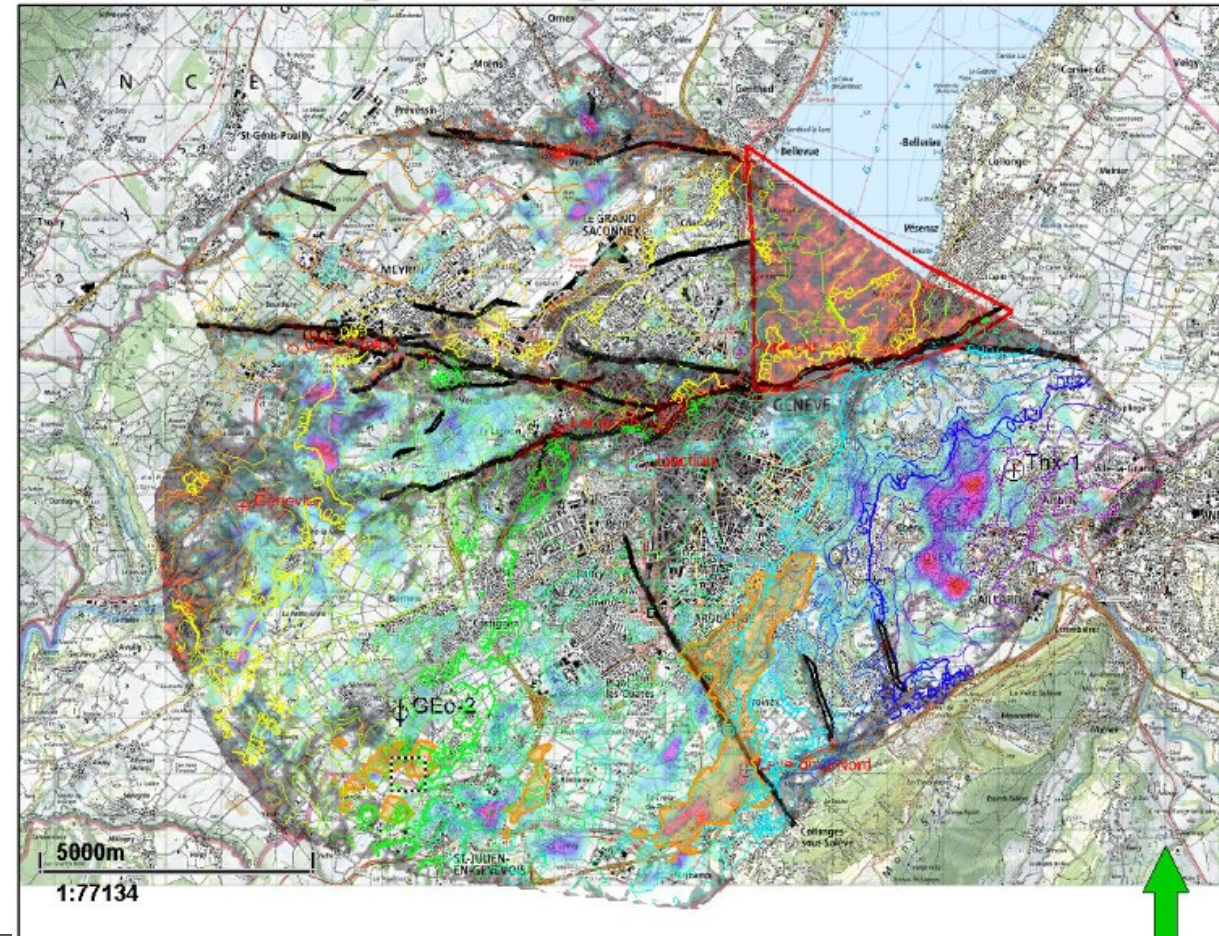
Cartes multicritères d'aide à la décision par cube interprété

2 cartes par horizon avec superpositions des critères. Comment les simplifier afin qu'elles deviennent un outil décisionnel ?

Intervalle Top Crétacé – Top Malm
3D-RTS_ Contours msTWT_Attribut I3D Filtré

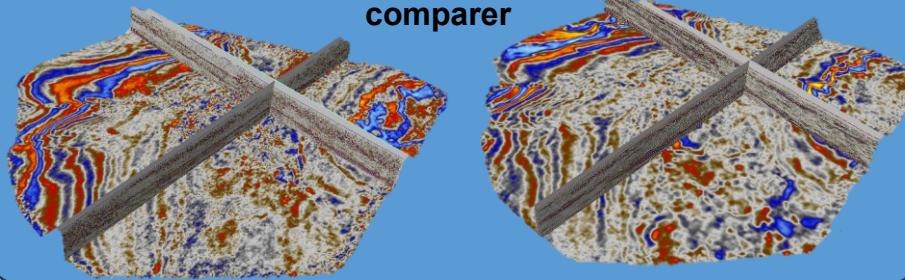


Intervalle Top Crétacé – Top Tabalcon
3D-GT_ Contours mTVD_Attribut I3D Filtré, Ratio VvAz, Sidéro



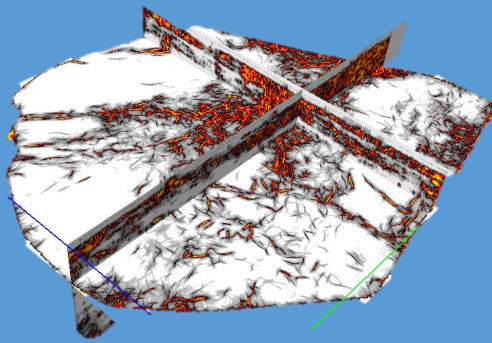
Aller au-delà de l'interprétation sismique en combinant tous les paramètres à disposition pour définir automatiquement les zones cibles

Deux traitements de données en parallèle à comparer



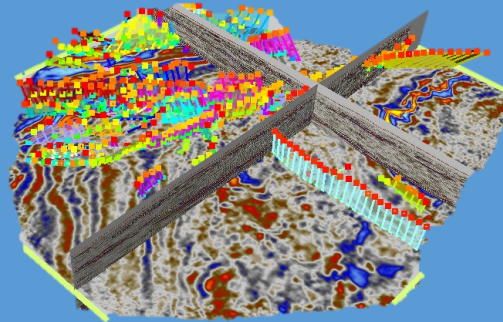
Analyse structurale, attributs et inversion 3D

Zone de dommage sismique
Attribut I3D



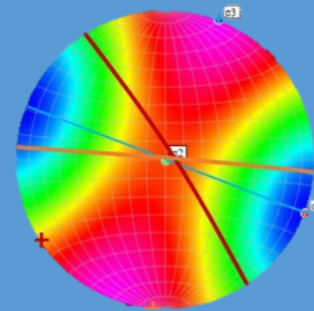
- I3D Energy est un attribut basé sur la technologie de l'illumination;
- Il permet de mettre en évidence les contrastes entre les zones perturbées des zones non-perturbées;
- Révèle les zones de dommage qui peuvent représenter des zones de failles, de karsts et de mauvaise acquisition

Interprétation des failles



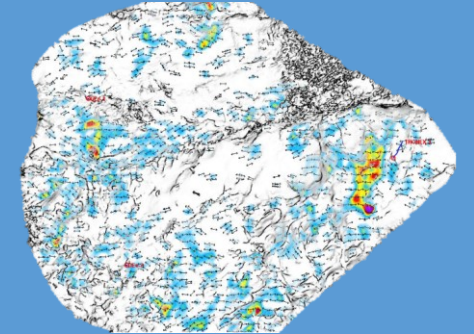
- Chaque cube reprocessé a été interprété par des bureaux différents
- Donne une note sur la présence et l'absence de failles interprétées

Potentiel d'ouverture des fractures



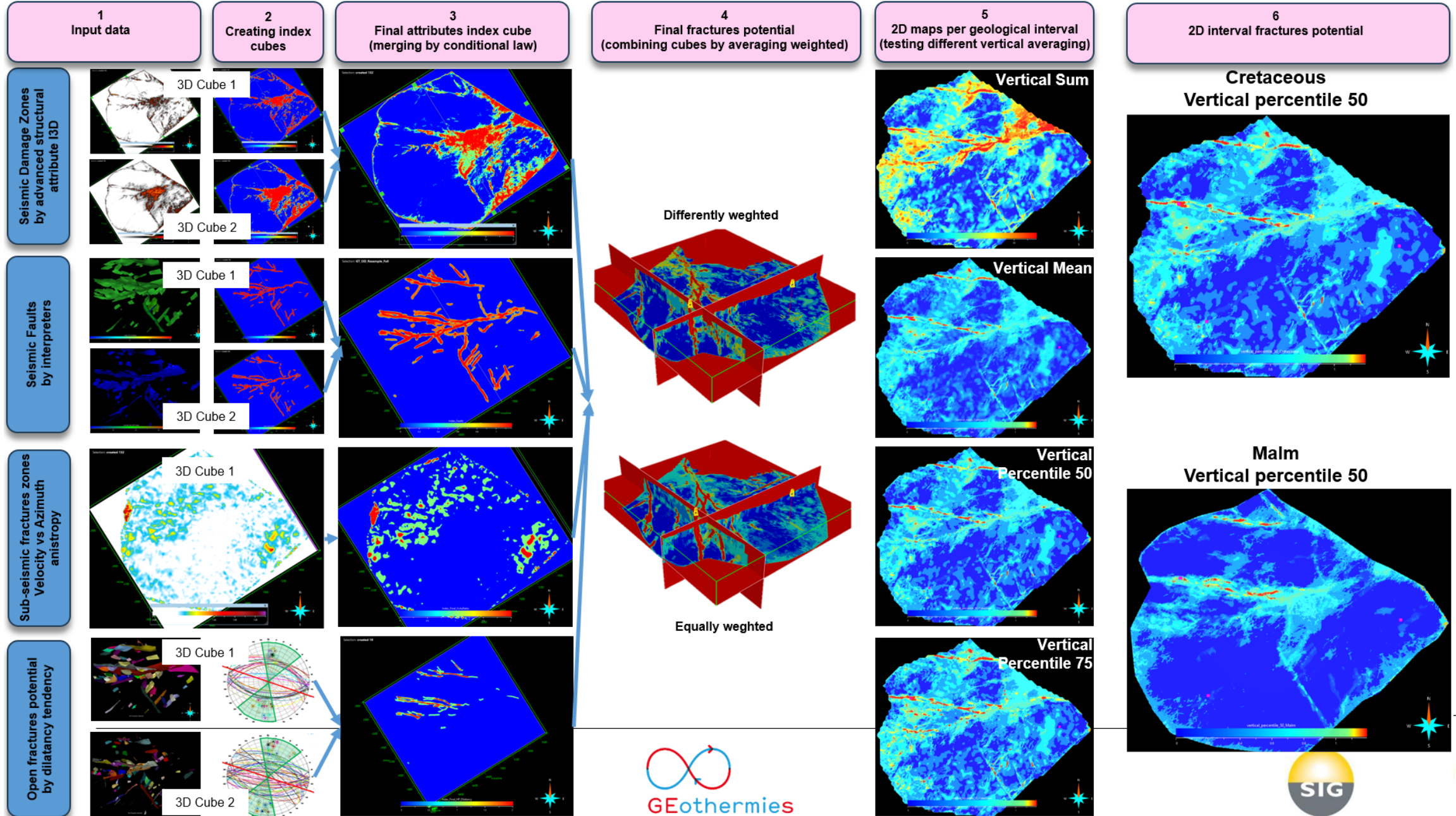
- Analyse des données régionales des contraintes tectoniques;
- La magnitude des contraintes reste un paramètre incertain;
- Plusieurs régimes de failles existent (failles normales à failles inverses);
- .

Analyses des anisotropies des signaux sismiques selon les vitesses

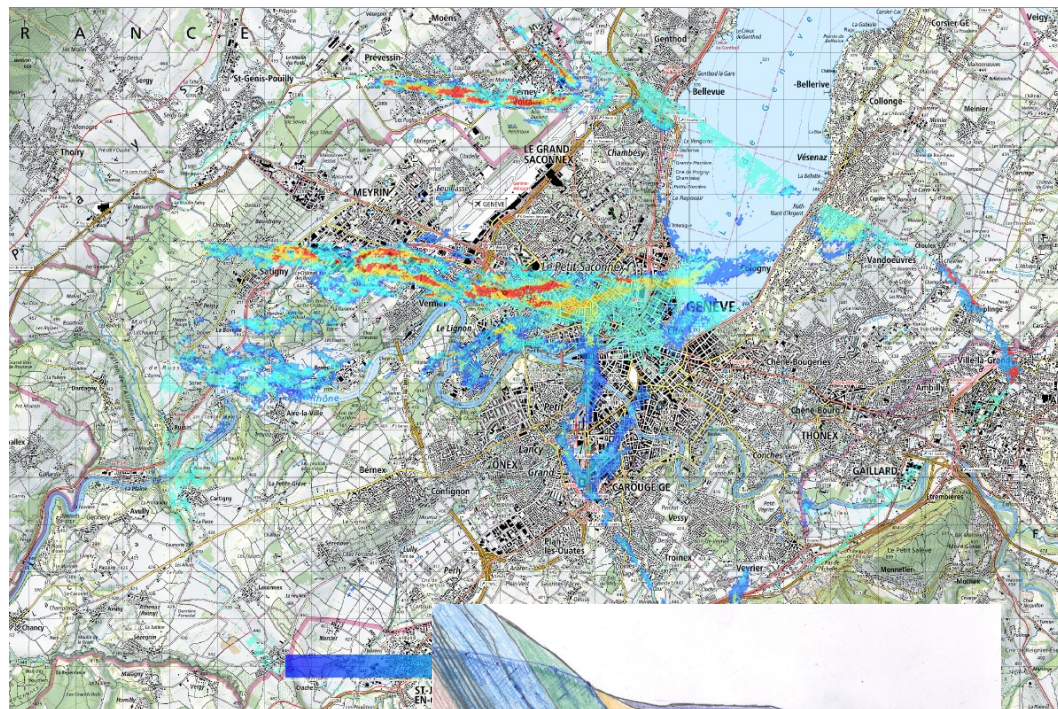
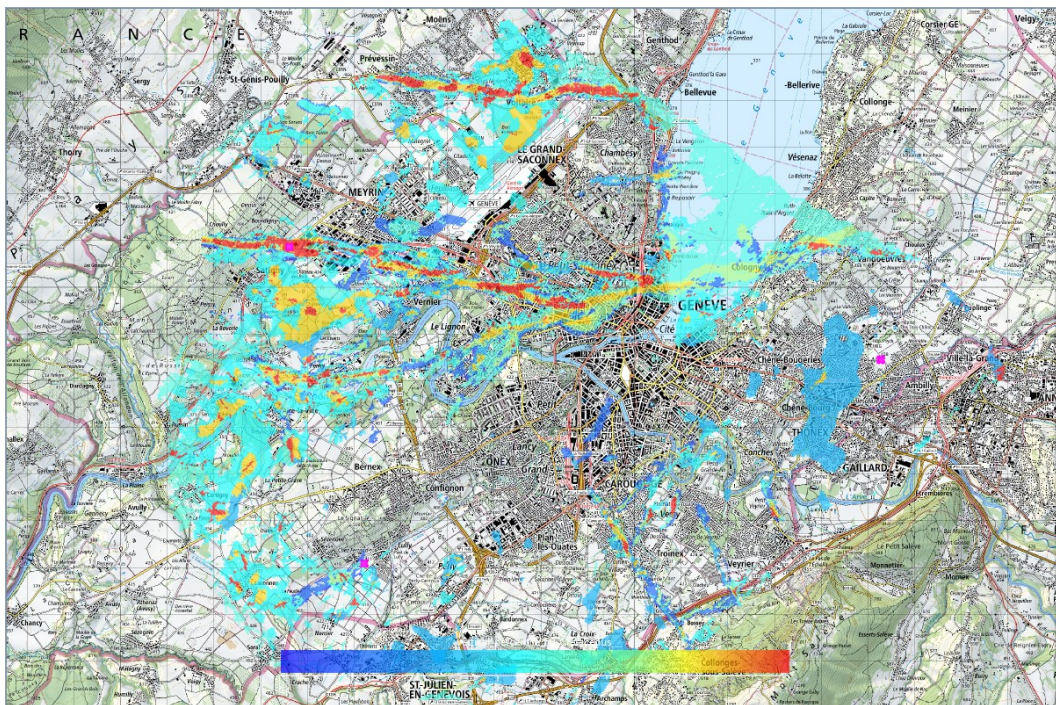


- Pour illuminer la distribution de l'intensité de la fracturation;
- Signal de l'anisotropie dans le signal;
- Pour détecter des fractures sous la résolution de la donnée sismique.
- Peut donner une information sur de la fracturation ou de la porosité matricielle

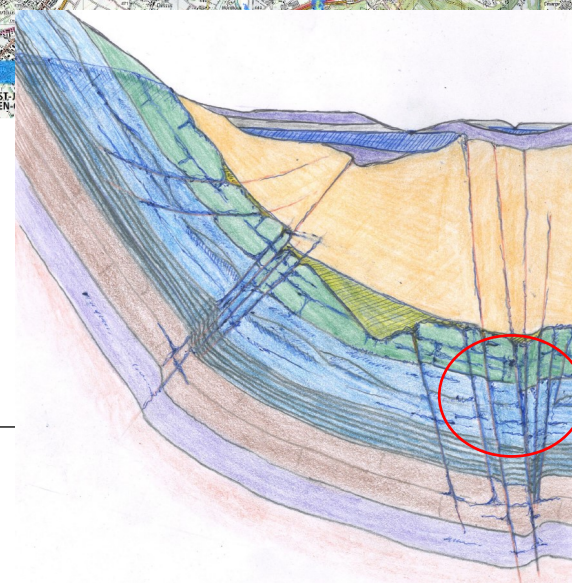
Workflow de travail pour identifier les zones cibles et leur qualité, par horizon



Résultat du workflow sur l'intervalle du Crétacé et du Malm

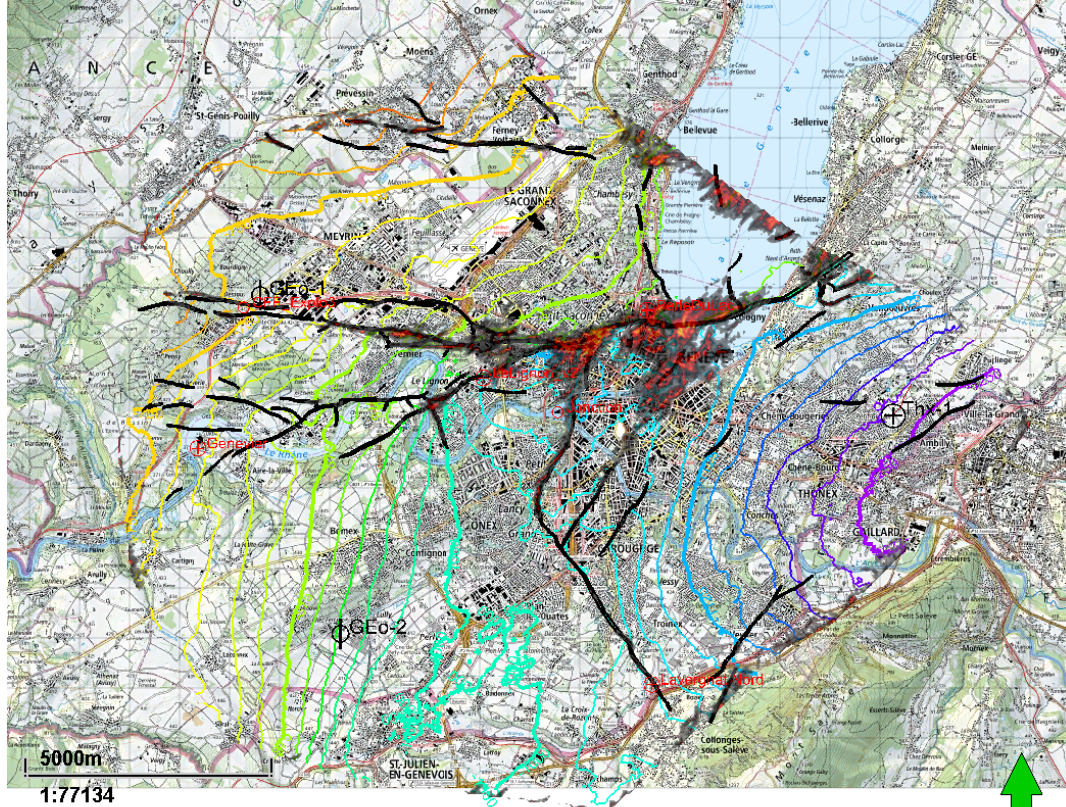


- Permet d'identifier les cibles 4 et 5 (voir 3)

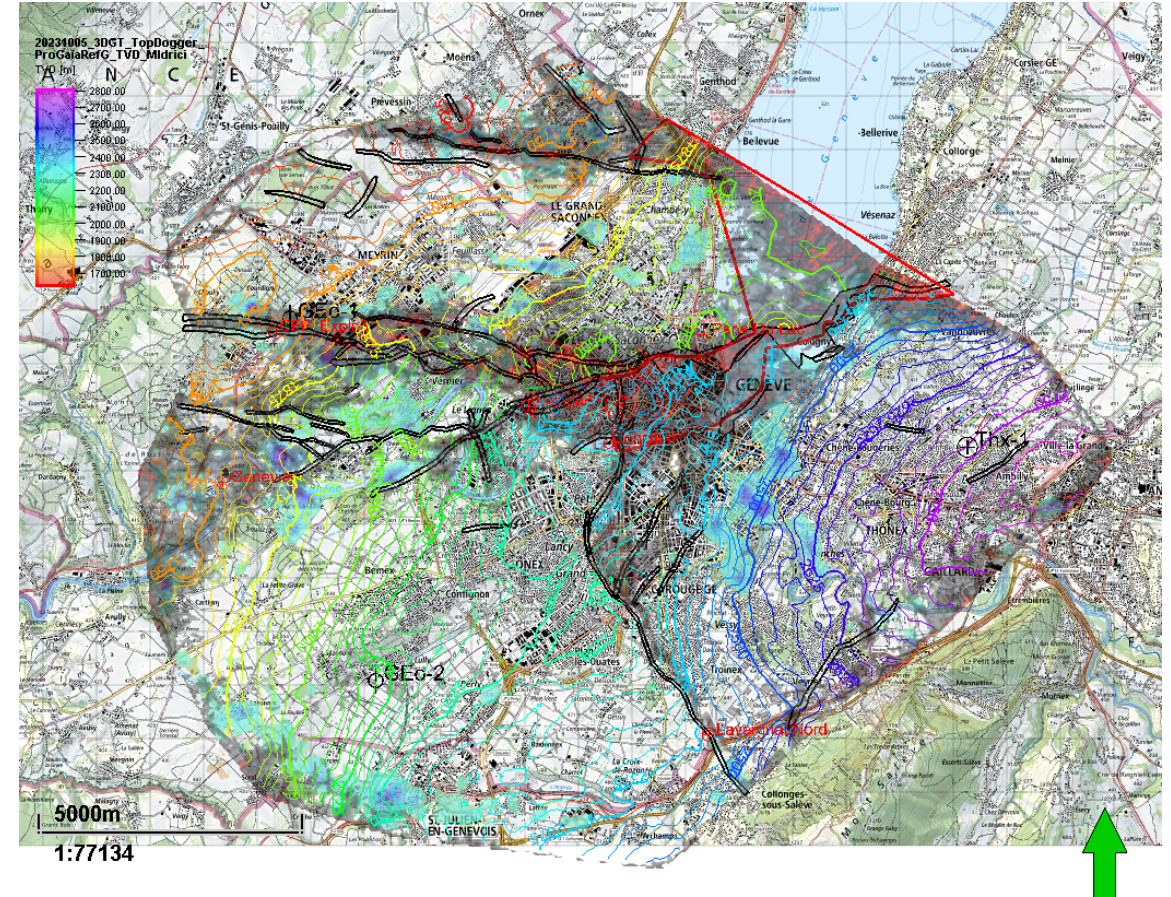


Et le Dogger (6) ? Plus profond donc plus chaud, mais autant fracturé que les couches supérieures? Travail en cours

Intervalle Top Dogger – Top Lias
3D-RTS_ Contours msTWT_Attribut I3D Filtré



Intervalle Top Dogger – Top Lias
3D-GT_ Contours mTVD_Attribut I3D Filtré, Ratio VvAz



Critères et enjeux de la planification des forages



Objectifs cantonaux (PDE)

150 GWh géo en 2030 CAD 80% EnR&R
500? GWh géo en 2050 CAD 100% EnR&R

Géologie

Probabilité de succès
Qualité des ressources

Planification énergétique

Secteurs à forts besoins thermiques
Coordination avec planning des CAD

Accessibilité à des sites

Espaces, aménagement du territoire,
environnement, foncier, opportunités

Acteurs - politique

Pression d'acteurs stratégiques

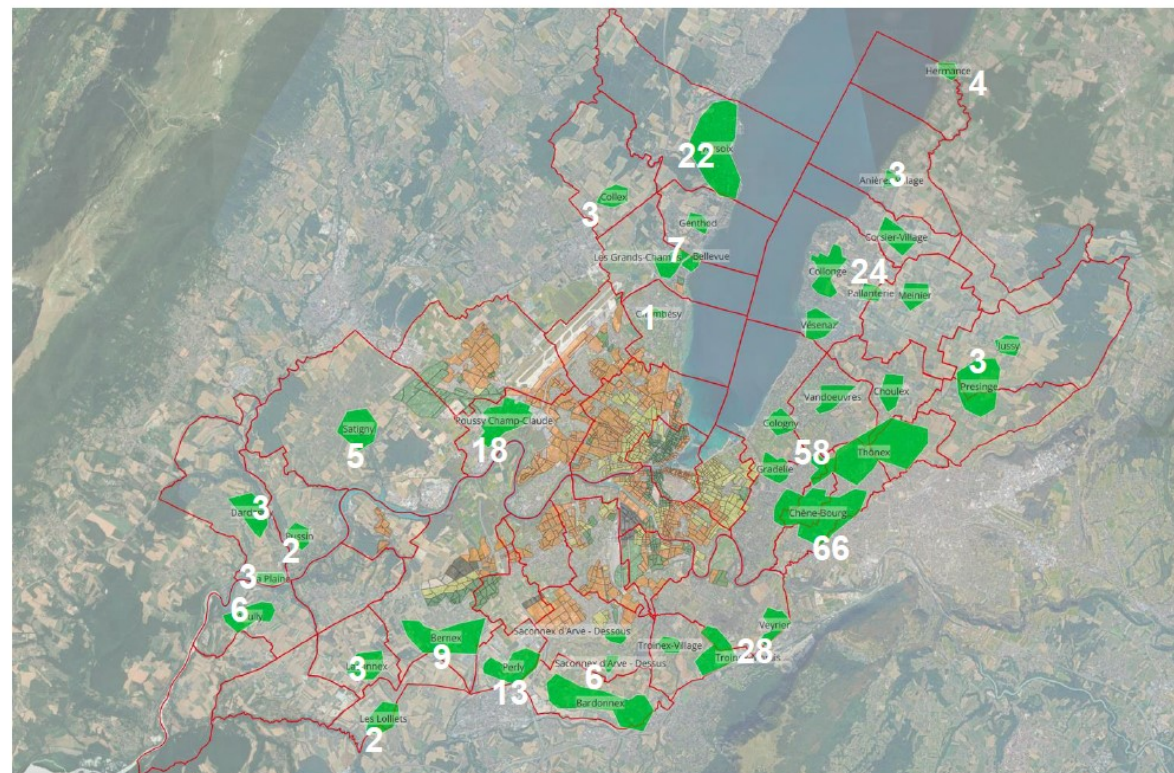
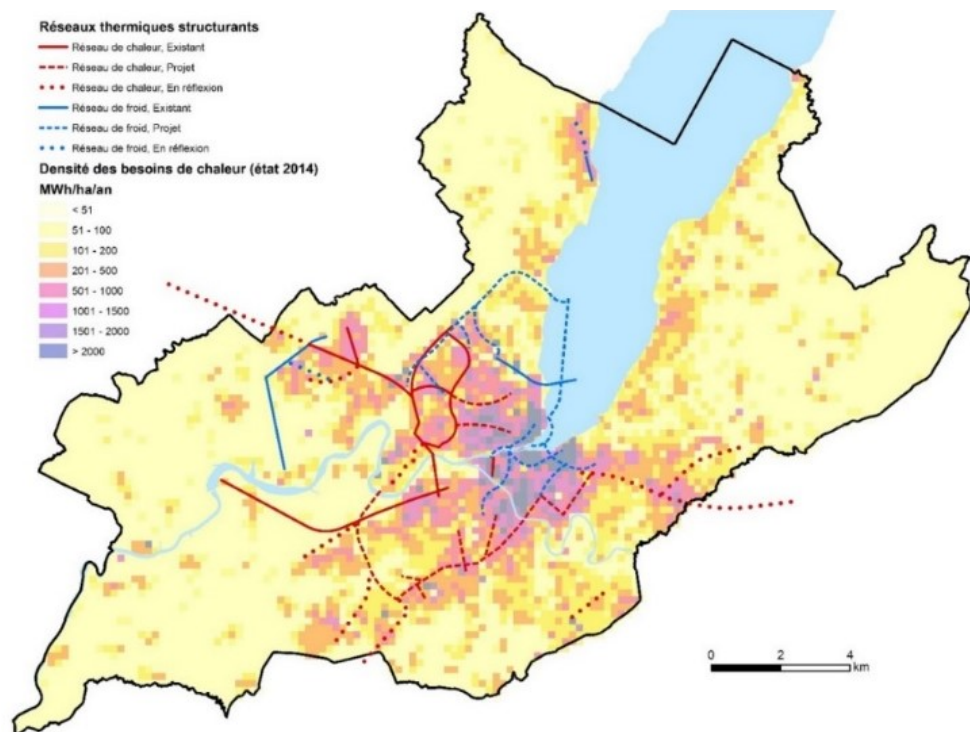
Ressources et moyens à disposition

Ressources humaines, financières,
matérielles

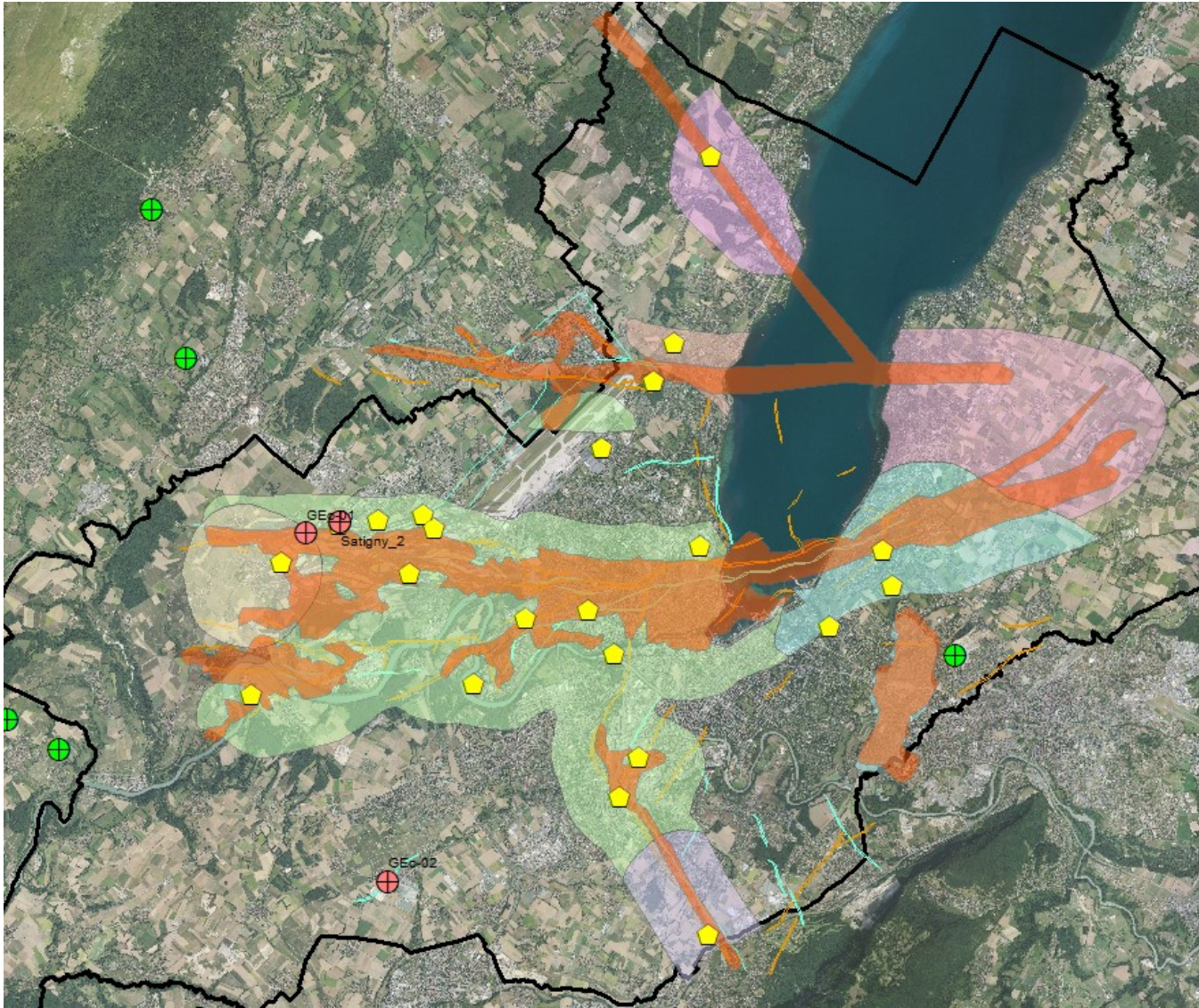
Et ensuite?

Faire correspondre la demande (proximité de réseaux) avec les cibles géologiques potentielles et des parcelles disponibles

Somme des puissances thermiques des bâtiments par secteur (MW)



Continuer à explorer le sous-sol par des forages verticaux ou déviés – les mettre en production ensuite lorsque cela est possible



Carte représentant les zones géologiques potentiellement favorables atteignables avec des forages verticaux (en rouge) et déviés (autres couleurs)

Premières opportunités parcellaires identifiées avec plus ou moins de contraintes territoriales

Le travail continue pour identifier d'autres parcelles

Forages exploratoires Verticaux (500-1000 m)



Réalisation des forages:

Durée: 1 mois

Surface: 1000 – 1500 m²

Chantiers 24/24h 7/7jours

Nuisances sonores et visuelles

Forages de 1000 m à 3000 m de profondeur



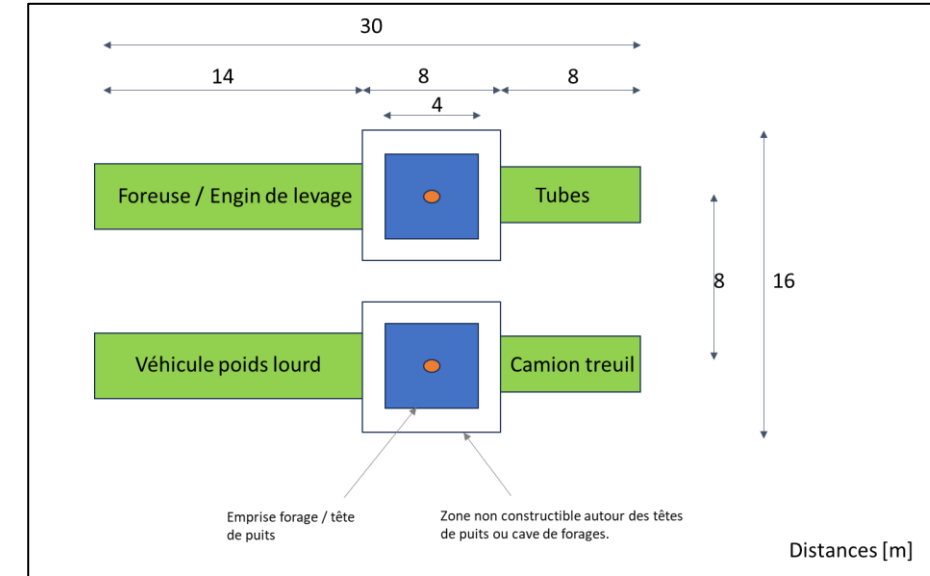
Réalisation des forages:

Durée: 3-6 mois

Surface: 3000 – 8000 m²
(1500 – 3000 m² en optimisation)

Chantiers 24/24h 7/7jours

Nuisances sonores et visuelles



Exploitation des forages:

Interventions légères

Fréquence: tous les 5 ans

Durée: 2-5 jours

Surface de l'installation: 400 – 600 m²

Intervention lourdes

Fréquence: tous les 10-15 ans

Durée: 2-4 semaines

Surface de l'installation: 1000 – 2000 m²