

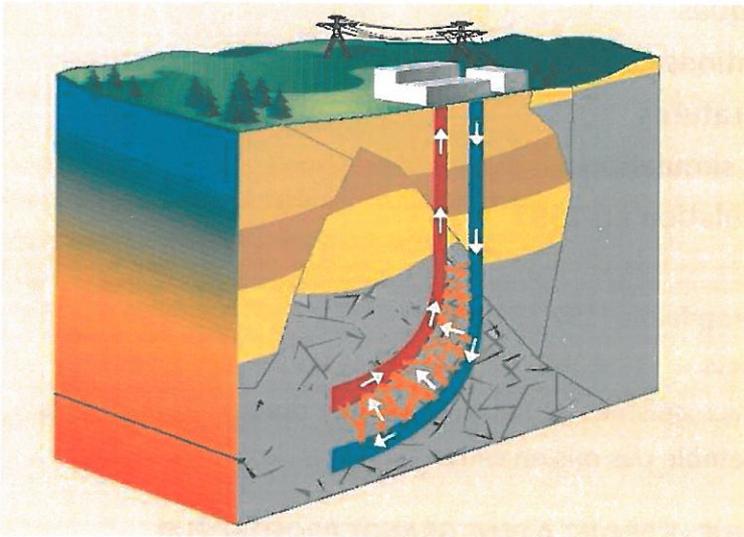
La démarche recherche - développement

- /// **1^{ère} étape** : La recherche fondamentale
- /// **2^{ème} étape** : La recherche appliquée
- /// **3^{ème} étape** : Le prototype de laboratoire
- /// **4^{ème} étape** : Le projet industriel
- /// **5^{ème} étape** : Le déploiement de la technologie

L'application à la géothermie profonde, cas du projet de Soultz-sous-Forêts

La recherche fondamentale (1)

- Une phase démarrée en 1987
- Un concept de départ : le HDR (Hot Dry Rocks)



- Échangeur de chaleur artificiel
- Créé par fracturation de la roche
- Injection d'eau à plus de 200 bars



La recherche fondamentale (2)

- Deux puits forés à 3500 m de profondeur
- Plusieurs centaines de mètres de carottage
- Des injections hydrauliques
- Des analyses des formations géologiques traversées
- Des mesures de températures
- Des modélisations, des simulations
- Un premier test de circulation en 1997
- Les conclusions :
 - La température est trop faible (152°C)
 - Les débits sont corrects
 - Enregistrement de microséismes de faible amplitude durant les injections
 - Le concept HDR ne semble pas mis en cause

DONC, ON CONTINUE LE PROJET A PLUS GRANDE PROFONDEUR



La recherche fondamentale (3)

- Approfondissement d'un puits jusqu'à 5000m pour atteindre la température jugée suffisante (200°C)
- Stimulation du puits par injections hydrauliques pour créer l'échangeur profond
- On analyse les caractéristiques du granite
- Les conclusions :
 - La température est suffisante (202°C)
 - L'injectivité post-stimulation est un peu faible
 - L'activité microsismique est générée durant les injections
 - Le gradient de température n'est pas linéaire
 - Quelques doutes sur le concept HDR, mais pas suffisamment forts

DONC, ON PASSE A L'ETAPE DE LA RECHERCHE APPLIQUEE



La recherche appliquée (1)

- Foration de deux nouveaux puits à 5000 m
- Stimulation du premier puits foré pour créer l'échangeur
- Des constats se sont imposés :
 - L'activité microsismique est beaucoup plus forte qu'avant et de plus, un événement a été ressenti par la population environnante
 - Les injectivités ne s'améliorent pas malgré les stimulations

⇒ **LE PROJET EST ARRÊTÉ SUR LE CHAMP**

⇒ **LE CONCEPT EST ABANDONNÉ**

LE PROJET EST TOTALEMENT REVU !

La recherche appliquée (2)

■ Analyse de la situation par les scientifiques et les ingénieurs

- De l'eau géothermale circule dans le sous-sol
- Le sous-sol est naturellement fracturé à 5 km
- Analyse de l'eau géothermale
- Tests de traçage



■ Définition d'un nouveau concept : l'EGS (Enhanced Geothermal System) qui se décompose en 4 étapes :

1. **EXPLORATION** : on localise les failles où circule l'eau géothermale dans le sous-sol
2. **FORAGE** : on atteint ce réservoir particulier avec deux forages
3. **CONNEXION** : au besoin, on améliore la connexion des puits au réservoir par dissolution des dépôts dans les failles croisées
4. **EXPLOITATION** : on remonte l'eau géothermale chaude par un puits et on la réinjecte par le 2^{ème} puits après prise des calories en surface

Le projet est réorienté !



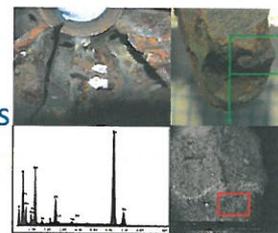
La recherche appliquée (3)

- Réalisation de nouveaux tests en vue de la phase prototype
 - Injection de patches d'acide dilué pour nettoyer les fonds de puits
 - Test avec différents types d'acides (appui du monde du Pétrole)
 - Analyse du fluide produit après injection : pas de traces des acides
 - Limitation des pressions d'injection (seuil de microsismicité ressentie)
 - Circulation lente durant 6 mois entre les 3 puits profonds en 2005
 - Collaboration étroite avec les scientifiques et les Services de l'État

Les essais sont concluants : passage à l'étape suivante tout en développant la communication auprès des élus et du public

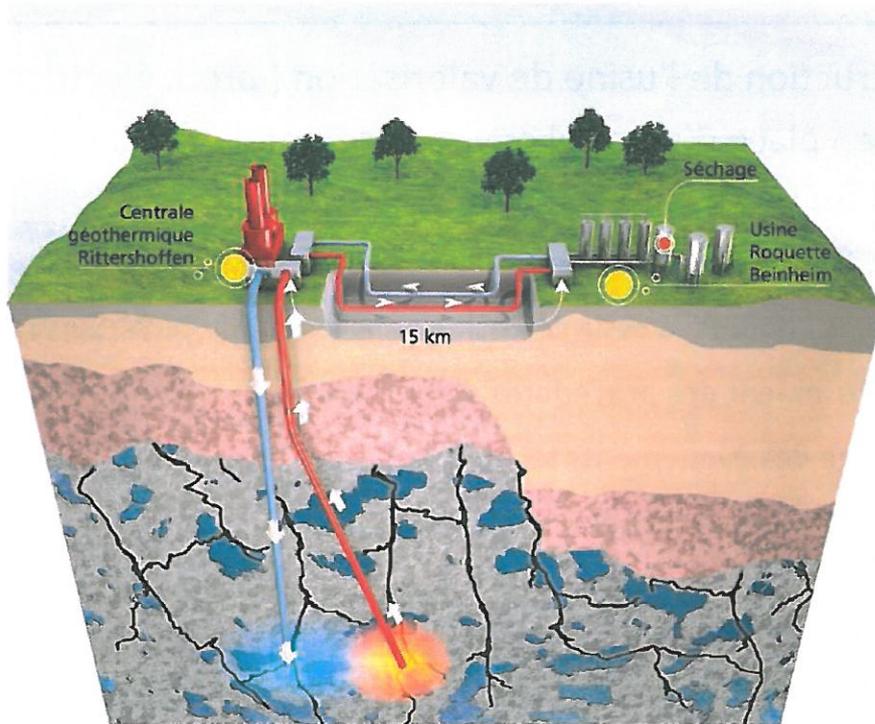
Le prototype de laboratoire

- Construction de l'usine de valorisation (prod. électricité)
- Mise en place d'un suivi environnemental et technique :
 - Suivi sismologique
 - Suivi de la radioactivité naturelle dans les conduites
 - Suivi des dépôts et de la corrosion dans les conduites
 - Établissement des procédures d'exploitation
 - Traçage des événements techniques
 - Collaboration étroite avec les scientifiques et les Services de l'État !



⇒ **On peut construire le premier projet industriel**

Le projet industriel ECOGI





La réalisation du pilote industriel

- Exploration du sous-sol pour chercher le meilleur endroit par rapport à l'usine de valorisation (site de Rittershoffen)
- Foration du premier puits dont la température est bonne ($>165^{\circ}\text{C}$), mais dont l'injectivité est trop faible
- Nettoyage des failles par injection d'acides biodégradables avec des injections contrôlées (pas de sismicité ressentie)
- Acquisition de nouvelles images du sous-sol
- Définition de la trajectoire du 2ème puits
- Foration du second puits, la connexion au réservoir est excellente
- La température est très bonne (177°C) et les essais de circulation sont concluants

**On peut construire les équipements de surface
(en cours depuis le 16 janvier 2015)**

ECOGI – Le site à horizon 2016





Le développement de la technologie

- Réaliser d'autres projets selon le modèle ECOGI qui a montré la maturité technologique
- Améliorer les outils pour diminuer les coûts des projets
- Maintenir une collaboration étroite avec le monde académique et les Services de l'État durant l'exploitation
- Trouver de nouveaux débouchés de valorisation
- Fédérer les acteurs français dans un cluster pour développer des projets à l'Export
- Communiquer en toute transparence pour gagner l'acceptabilité

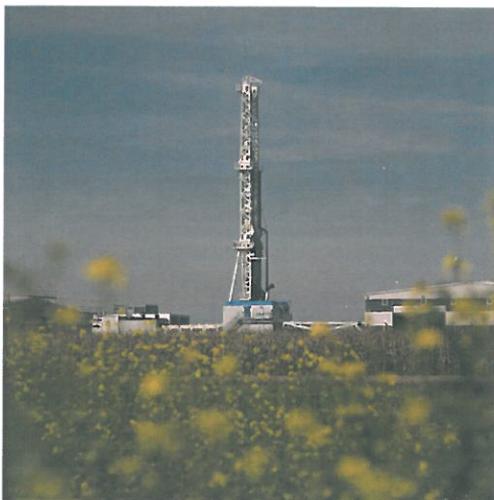
FONROCHE
géothermie

Acceptabilité





Avant : puits de forage

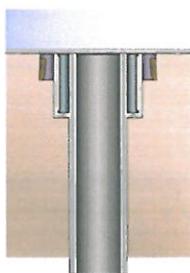


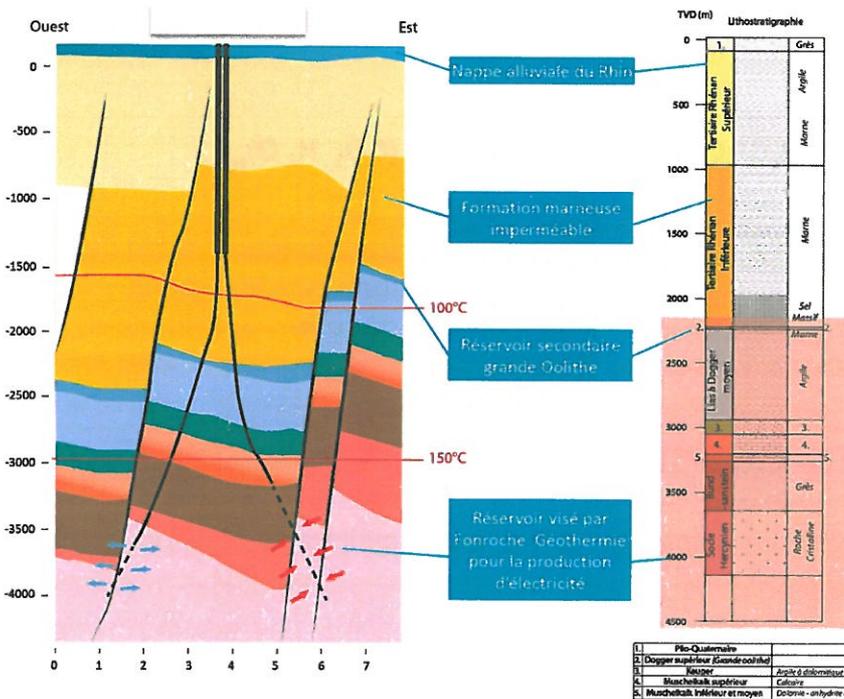
Après : station en exploitation



Pour la protection de la nappe

- Afin d'éviter toute communication entre l'eau géothermale, les eaux des nappes profondes et les eaux de la nappe alluviale, **le puits est pourvu de 6 couches d'étanchéité, soit 3 tuyaux en acier emboîtés**
- Utilisation de gaines étanches multicouches jusqu'à plus de 3 500 m de profondeur.
- un ensemble de piézomètres permet l'analyse ponctuelle et périodique des eaux phréatiques





Mise en production :

- Pas de fracturation hydraulique, nettoyage des zones fissurées
- Suivi sismique préventif avec 4 capteurs corrélés au réseau national

Principe d'une acidification :

→ rappel exemple de réaction :



Eau 'calcaire' avec des ions acétates sans danger

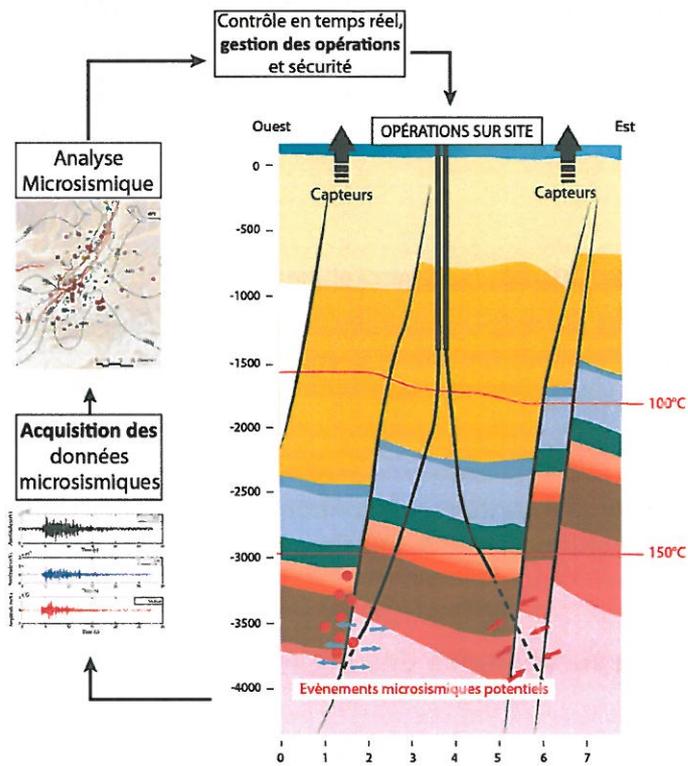
→ dosage selon analyse des carottes et déblais en laboratoire pour réaction complète

→ Plusieurs petits volumes sont envoyés les uns après les autres pour améliorer la réaction et éviter les retours



Acceptabilité : Risque sismique ?

- **Les puits sont surveillés en permanence par des capteurs de surfaces**
 - S’y ajoute un examen visuel par caméra ou diagraphie de l’ouvrage souterrain tous les 3 ans
- **Pour les risques microsismiques, (non perceptibles)**
 - un réseau de géophones permet la surveillance en temps réel de la sismicité liée à l’activité de forage et d’exploitation dans le sous-sol
- **En exploitation,**
 - la centrale est dotée de plusieurs systèmes de contrôle pour vérifier en continu son bon fonctionnement (microsismicité, altimétrie, pression de l’eau, qualité de l’eau, suivi de la nappe phréatique).
- **L’ensemble est soumis à surveillance des organismes publics**



En cours de travaux

- L'appareil de forage a été spécialement conçu pour travailler en environnement urbain
- Le treuil de forage, principale source de nuisance sur un appareil classique, a été remplacé par un concept de vérins hydrauliques, silencieux.
- Les tiges de forage sont manipulées par un bras automatique, limitant les bruits de métal classiques existant en mode manuel.
- Le chantier de forage, pendant les travaux (8 mois)
 - émergence nulle la journée (fond sonore actuel mesuré 65 dB(A), par ex. zone Eckbolsheim-Zénith)
 - la nuit, la valeur moyenne de 55 dB(A) à 100 m (fond sonore actuel de 60 dB(A)).
 - la circulation induite, sera de 5 à 8 camions par jour pendant les opérations et de 20 camions par jour en moyenne lors de l'amenée de la machine, principalement en journée.



En cours d'exploitation

- Les équipements « bruyants » d'une installation de cogénération géothermique sont la turbine et les tours aéroréfrigérantes, lorsqu'il y en a.
 - La turbine est confinée à l'intérieur d'un bâtiment insonorisé. Il n'y aura donc aucune émergence sonore.
 - Les tours, resteront à l'extérieur. Elles sont spécialement dimensionnées pour minimiser leurs émissions sonores pour rester en dessous de 70 dB(A) à 20 m, soit le bruit d'un aspirateur.
- Premières habitations à 300m pour l'installation du Port au pétrole
- 600 m pour l'installation d'Eckbolsheim-Zénith,
 - > aucune gêne.



L'acceptabilité est le fruit d'un effort partagé...

- **Les industriels du secteurs**
 - pédagogie, transparence, garanties de sûreté
- **La puissance publique**
 - l'encadrement réglementaire, la conduite de la transition énergétique des territoires
- **Le citoyen**
 - point d'équilibre à trouver entre les enjeux sociétaux et les intérêts particuliers

Un sondage France Bleu Alsace réalisé en décembre 2014 portait à 70% d'opinions favorables pour la géothermie profonde



Merci pour votre attention

FONROCHE
Géothermie


groupe ÉS

