



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN

Rapport final (Présentations) 25. Nov. 2014

Journée romande de la géothermie 2014

Outils pour l'avenir de la géothermie

Mandant:

Office fédéral de l'énergie OFEN
Programme de recherche Géothermie
CH-3003 Berne
www.bfe.admin.ch

Mandataire:

Antenne romande de GEOTHERMIE.CH
c/o PAC'info Sàrl
Rue du Four 11
1400 Yverdon-les-Bains
www.geothermie.ch

Auteurs:

voir programme

Organisation :

André Freymond, andre.freymond@geothermie.ch
Natascha Vetroff natascha.vetroff@geothermie.ch

Responsable de domaine de l'OFEN: Gunter Siddiqi

Chef de programme de l'OFEN: Rudolf Minder

Numéro du contrat de l'OFEN: 500'968-02

Le ou les auteurs sont seuls responsables du contenu et des conclusions de ce rapport.

Journée romande de la géothermie 2014 « Outils pour l'avenir de la géothermie »

Mardi 25 novembre 2014

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud – HEIG-VD – Aula
Route de Cheseaux 1 – 1401 Yverdon-les-Bains

Liste des partenaires et sponsors, programme détaillé et présentations des conférenciers

Partenaires



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN



heig-vd

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion
du Canton de Vaud

Sponsors silver



REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX



Sponsor bronze



Sponsors étain



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Office fédéral de topographie swisstopo
Ufficio federale di topografia swisstopo

Landesgeologie
Service géologique national
Servizio geologico nazionale

CSDINGENIEURS+
INGÉNIEUX PAR NATURE

SIL

SERVICES INDUSTRIELS LAUSANNE

Organisation

GEOTHERMIE.CH – Antenne romande c/o PAC'info Sàrl
André Freymond et Natascha Martini – Rue du Four 11, 1400 Yverdon-les-Bains
Tél. 024 425 22 83, fax : 024 426 02 12
andre.freymond@geothermie.ch et natascha.martini@geothermie.ch

Programme détaillé

Thématique traitée		Horaire	Intervenants
<i>Accueil des participants – Café, croissants, réseautage</i>		dès 08:45	
PDF	1. Ouverture de la manifestation et Message de bienvenue	09:30	A. Freymond , responsable de l'Antenne romande de GEOTHERMIE.CH G. Frosio , doyen du département des technologies industrielles de la HEIG-VD
PDF	2. Echanger, partager et réussir	09:45	M. Antics , directeur général de GPC IP, France
PDF	3. Faire savoir notre savoir-faire sur la géothermie	10:05	M. Meyer , géologue, responsable des projets de géothermie, SIG
PDF	4. Geothermal energy : learn globally, act locally	10:25	S. Miller , directeur de la chaire de géothermie, Unine
<i>Pause-café, réseautage</i>		10:50	
PDF	5. Innovations dans les techniques de forages	11:15	F. Fuchs , directeur de la filiale suisse de Daldrup Bohrtechnik AG
PDF	6. Données géologiques de swisstopo – Servez-vous !	11:40	O. Lateltin , géologue, responsable du service géologique national swisstopo
<i>Lunch, réseautage</i>		12:10	
PDF	7. La géothermie au Plessis-Robinson : les raisons d'un succès	13:45	C. Boissavy , président de l'AFPG, France
PDF	8. Bases légales cantonales sur le sous-sol : Fribourg, Vaud, Genève	14:10	M. Schwab , géologue, chef de section au SeCA (FR) D. Giorgis , géologue, Direction générale de l'environnement (VD) N. Andenmatten , géologue, cheffe de projet géothermie profonde au GESDEC (GE)
<i>Pause-café, réseautage</i>		14:40	
PDF	9. Financer son projet : quels sont les outils pour convaincre les investisseurs ?	15:10	O. Bloch , avocat au barreau, Bloch Avocat
	10. Débat : la géothermie de moyenne enthalpie, quels enjeux pour la Suisse ?	15:30	R. Kobler, M. Meyer, O. Zingg, O. Bloch Modératrice : N. Martini
<i>Clôture de la manifestation – Apéritif garni</i>		16:00-17:00	

Journée romande de la géothermie

25 novembre 2014

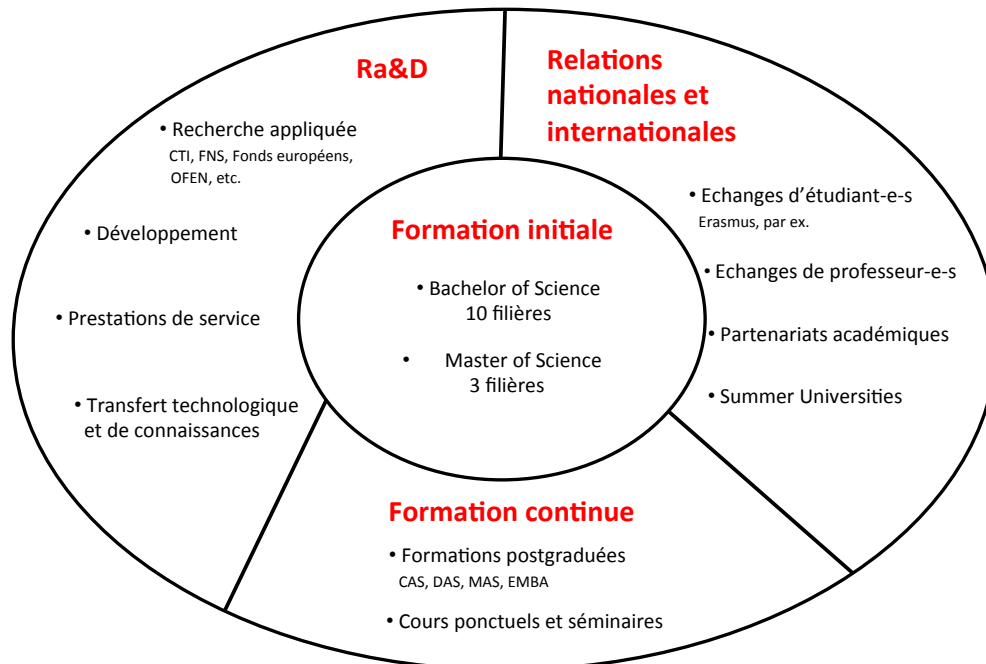
La contribution de la HEIG-VD au tournant énergétique :
Innovation et formation

Guido Frosio

La HEIG-VD, c'est...

- 1 école
 - Le plus grand campus de la HES-SO
- 2 domaines
 - Ingénierie
 - Economie d'entreprise
- 3 sites
 - Rte de Cheseaux
 - Centre St-Roch
 - Y-Parc
- 4 missions
 - Formation initiale
 - Formation continue
 - Ra&D
 - Relations nationales et internationales

Les 4 missions HES à la HEIG-VD



25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

Les formations à la HEIG-VD

- **10 filières Bachelor of science HES-SO**
 - Economie d'entreprise
 - Génie électrique
 - Energie et Techniques environnementales
 - Systèmes industriels
 - Microtechniques
 - Informatique
 - Télécommunications
 - Géomatique
 - Ingénierie des médias
 - Ingénierie de gestion
- **3 filières Master of science HES-SO**
 - Master of Science HES-SO in Business Administration
 - Master of Science HES-SO en Ingénierie de territoire
 - Master of Science HES-SO in Engineering
- **1 classe préparatoire Futures Ingénieures**

25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

La HEIG-VD en quelques chiffres

- 10** Instituts et **2** Groupes de recherche
 - 127 EPT
- 17** Millions (en CHF) de projets de Ra&D
 - 263 projets réalisés en 2013
 - 1 nouvelle start-up en 2013
- 45** Formations postgraduées (CAS, DAS et MAS/EMBA)
- 59** Nationalités
- 68** Millions (en CHF) de budget
- 700** Collaborateurs et collaboratrices dont **180** professeur-e-s
- 2'000** Etudiant-e-s, dont **1'760** étudiant-e-s bachelor
 - 1/3 Economistes et 2/3 Ingénieurs-e-s
 - 2/3 Plein-temps et 1/3 En Emploi

25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

Contribution de la HEIG-VD au domaine de l'énergie

Formation de base en énergie

- 2 filières Bachelor offrant 4 spécialisations (orientations)
- Master of science HES-SO in engineering option Energie

Post-formation et formation continue

- 1 MAS
- 9 CAS
- Formations ponctuelles et autres formations

Recherche appliquée et développement

- 2 instituts, env. 70 collaborateurs, 4 millions CHF de chiffre d'affaires
- Projets européens, FNS, CTI, Canton, HES-SO, mandats directs

Transfert de technologie et innovation

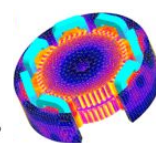
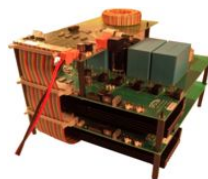
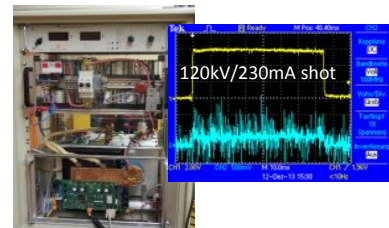
- 4 Start-up créées dans le domaine de l'énergie
- Conférences, symposiums
- Expertises

25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

Formation de base en énergie

- **BSc en Génie Electrique**
 - Orientation Systèmes Energétiques

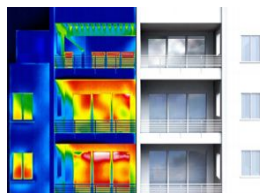


25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

• BSc en Energie et techniques environnementales

- Orientation Energétique du bâtiment
- Orientation Thermique industrielle
- Orientation Thermotronique
- Orientation Energies renouvelables (Sion)
- Orientation Smart Grid (Sion)



25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

- **Master of science HES-SO in engineering (MSE)**

- Orientation Technologies industrielles, option énergie



25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

Post-formation et formation continue

- **MAS**

- MAS EDD-BAT : Energie et développement durable dans l'environnement bâti

Prendre en compte des questions énergétiques et environnementales allant de l'échelle du bâtiment à l'agglomération, tant pour les nouvelles constructions que la rénovation des bâtiments existants.

- **CAS**

- Architecture Climatique (CAS AC)
- Techniques Energétiques (CAS TE)
- Constructions Durables (CAS CD)
- Rénovation Energétique des Bâtiments (CAS RENO)
- Energies Renouvelables: Electrique (CAS ERTA Electrique)
- Energies Renouvelables: Thermique (CAS ERTA Thermique)
- Territoires Urbains et Energie (CAS TUE)
- Planification et Gestion de Projet (CAS GPG)
- Cité de l'Energie (CAS CE)

25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

- **Formations ponctuelles**

- Pour des industries in situ ou à Yverdon-les-bains (Nestlé, Tamoil, Groupe E, MerckSerono,...)

- **Autres Formations**

- Cours pour personnel de chaufferie de 152 périodes. Possibilité de se présenter à l'examen pour l'obtention du brevet fédéral de thermiste
- Solarteur - Formation européenne en solaire thermique, photovoltaïque et pompes à chaleur pour installateurs et concepteurs. Après réussite des modules, équivalents à 250 périodes, le participant obtient un certificat européen.



25 novembre 2014



Journée romande de la géothermie

Recherche appliquée et développement

Institut d'énergie et systèmes électriques (IESE)

Les compétences de l'IESE sont principalement situées dans le domaine de l'énergie électrique. Elles se déclinent sur 5 axes.

1. Production / Transport / Distribution / Stockage / Gestion de l'énergie électrique (systèmes électriques, énergies renouvelables, développement durable et applications dans les Smartgrids)
2. Machines électriques et entraînements réglés
3. Electronique de Puissance et conversion statique de l'énergie
4. Systèmes électromécaniques et Mécatronique
5. Modélisation et simulation de systèmes électriques et électromagnétiques.

Principaux thèmes abordés

Energies renouvelables : Mini-hydraulique, Eoliennes, Systèmes Photovoltaïques.

Electromobilité durable : Piles à combustibles.

Electronique de puissance : Conversion de l'énergie et applications spécifiques.

Machines électriques et modélisation électromagnétique.

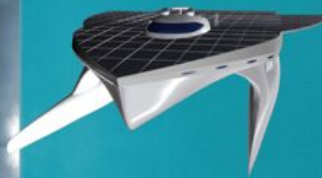
Exemple de projet de l'IESE

Modèle de la chaîne de puissance du bateau solaire

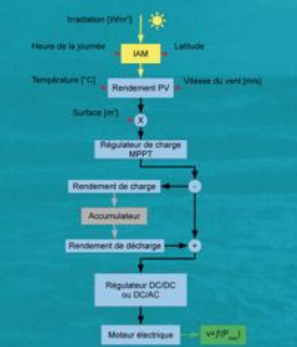
Le bateau aura-t-il assez d'énergie pour naviguer par tous les temps? Et en cas de nuages?
Quel autonomie le bateau aura-t-il en fonction des conditions météo?

PlanetSolar a fait appel à l'expertise de l'Institut d'Energie et Systèmes Electriques (IESE) afin de créer un modèle théorique de la chaîne de puissance de leur bateau solaire. Ceci afin de pouvoir prévoir les ressources future disponibles, à l'aide de données météo, et de pouvoir calculer la meilleure route à prendre.

Le modèle du bateau a été créé en décomposant la chaîne de puissance en blocs. Chaque bloc a été modélisé avec ses variables.



Une étude de sensibilité a été faite pour chacune des variables pour déterminer l'importance de leur influence. Finalement une simulation globale a pu être réalisée avec des données météo.

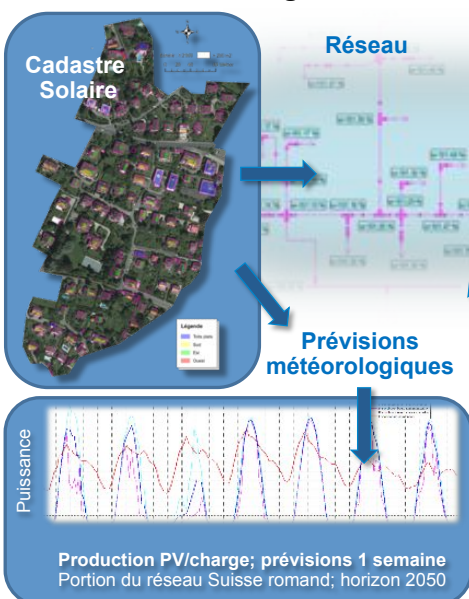


25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

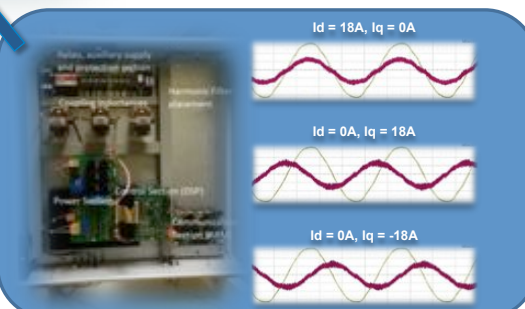
Exemple de projet de l'IESE

PENELER – Pénétration des nouvelles énergies renouvelables dans les réseaux Mandant EOS Holding



Développement d'un onduleur compatibles CEI61850 avec capacités d'influencer le réglage du réseau, en agissant sur la puissance active ainsi que sur la puissance réactive.

Etude des différents moyens répartis de stockages et de couplages chaleur-force, leurs avantages/inconvénients et dimensionnements optimums selon les cas.



Onduleur PENELER, sans transformateur

25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

Institut de génie thermique (IGT)

Les compétences de l'IGT sont principalement situées dans le domaine de l'énergie thermique et des énergies renouvelables. Elles se déclinent sur 5 axes.

1. Energie solaire et physique du bâtiment
2. Processus thermiques
3. Systèmes industriels et bioénergie
4. Thermique industrielle et systèmes
5. Modélisation numérique et simulation thermique.

Principaux thèmes abordés

Solaire thermique – chaud et froid

Eco-construction

Torréfaction du bois et d'autres sources de biomasse

Traitement des fumées d'installations de combustion à bois de petite puissance

Réfrigération indirecte par coulis de glace ou d'hydrates

Réfrigération magnétique

Stockage par PCM

25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

Exemple de projet de l'IGT

Programme EU Horizon 2020: RiBuild

Energy solutions for renovation of historic building

Robust Internal Thermal Insulation of Historic Buildings

- Energie, physique du bâtiment et écobilan
- Stratégie, modélisation, expérimental et études de cas réelles
- Partenaires:
Allemagne, Belgique, Danemark, Italie, Lettonie, Suède, Suisse
- Durée du projet: décembre 2014 → décembre 2019
- Financement: Total env. 6 M€, HEIG-VD env. 500 kFr

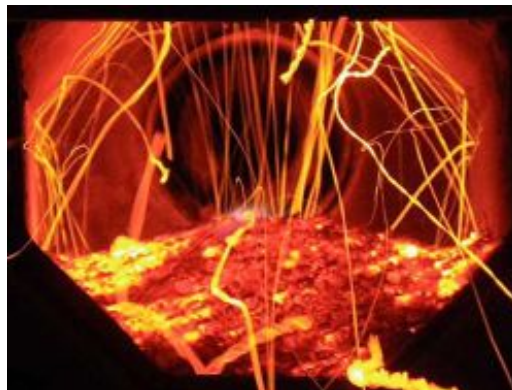
25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

Exemple de projet de l'IGT

Torréfaction du bois et d'autres sources de biomasse

Le bois torréfié présente des avantages économiques, environnementaux et techniques importants par rapport au bois sec. Des essais de combustion avec des pellets de bois torréfié dans une chaudière de 50 kW sans modification ont été effectués avec succès. Il a été possible de montrer les nombreux avantages liés à ce type de combustible comme l'augmentation du pouvoir calorifique du bois torréfié et son excellente stabilité hygrométrique.



25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

Transfert de technologie et innovation

- Start-up créées dans le domaine de l'énergie



Sol-Air Concept

Energies renouvelables, économies d'énergies, et développement durable dans le bâtiment et pour les besoins de chacun.



DEPsys

Etude, conception, réalisation de l'électronique de puissance.



Lumartix SA

Lumartix

Systèmes plasma à haute efficacité énergétique pour l'éclairage public.



STIGNERGY

Energy Control & Optimization

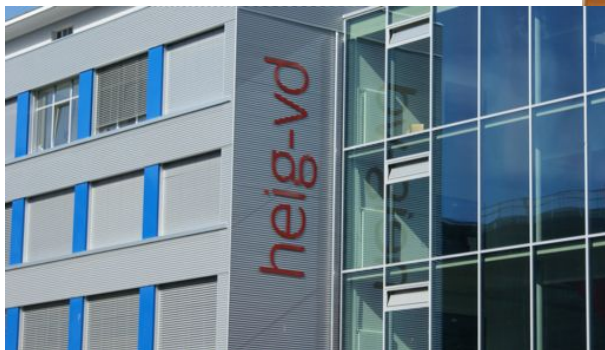
Stignergy

Contrôle et optimisation du pic de puissance pour les professionnels, optimisation de 10 à 20% sur la facture de l'énergie électrique, adaptation de la consommation dans le SmartGrid

25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie

Merci de votre attention



25 novembre 2014

Journée romande de la géothermie



Journée romande de la géothermie 2014
« Outils pour l'avenir de la géothermie »
Mardi 25 novembre 2014

Echanger, partager et réussir

Miklos ANTICS

GPC IP
Paris Nord 2, 165, rue de la Belle Etoile
B.P. 55030, 95946 ROISSY CDG CEDEX, FRANCE
m.antics@geoproduction.fr
www.gpc-france.com



1

SOMMAIRE

- Introduction, concepts
- Exemples de ressources
- Outils de développement
- Risque
- Développement durable



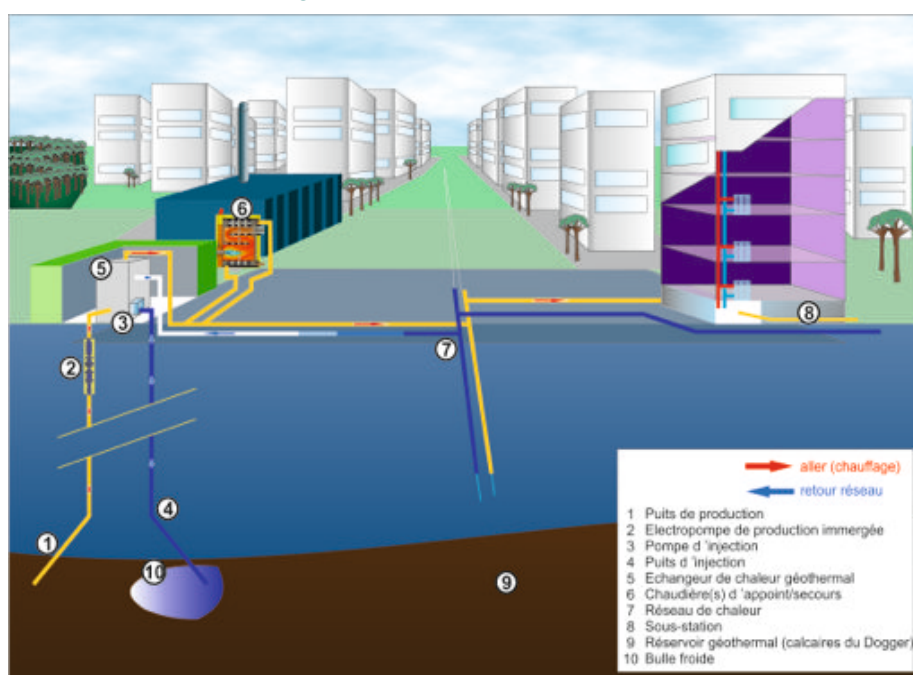
2





DOUBLET GÉOTHERMIQUE

(Sources : GPC IP et géothermie perspectives ADEME/BRGM)



DOUBLET GEOTHERMIQUE

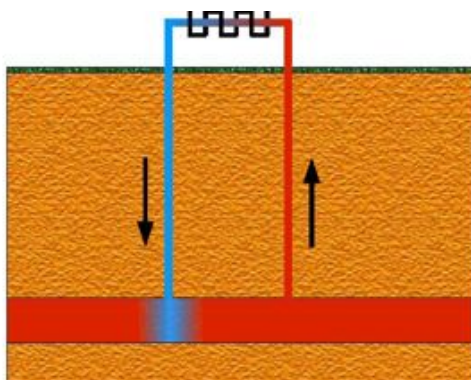
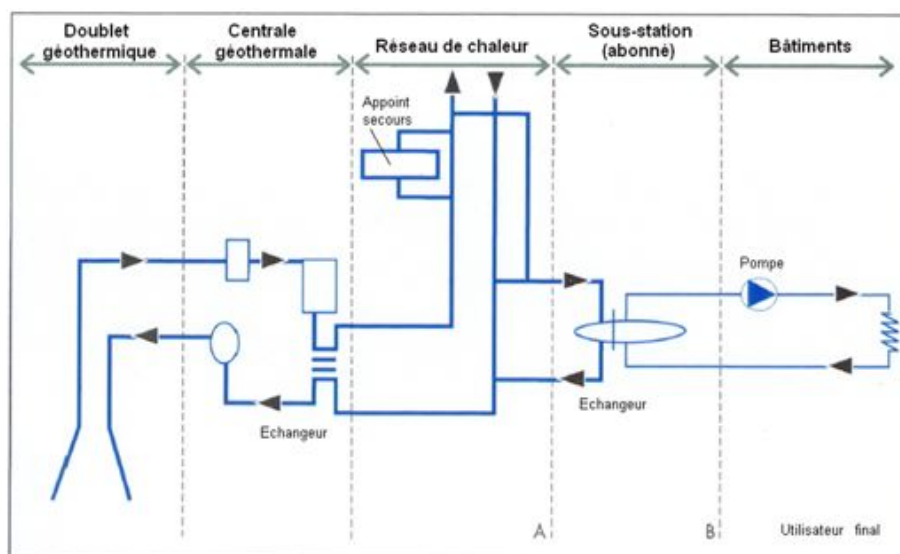
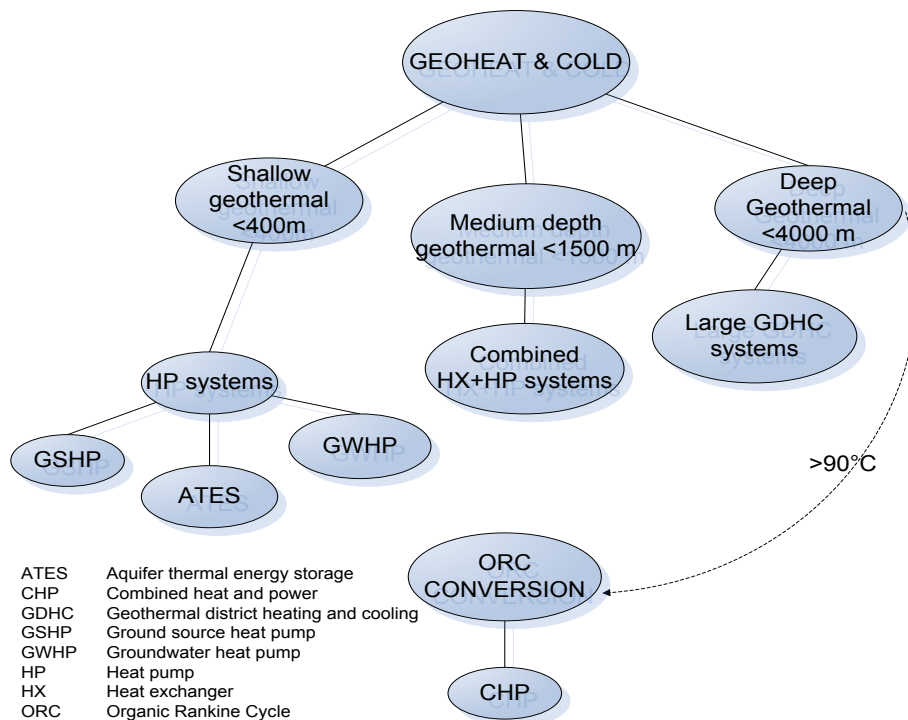


SCHÉMA DE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN DOUBLET



GEOCHALEUR ET GEOFROID



ENVIRONNEMENTS GEODINAMIQUES

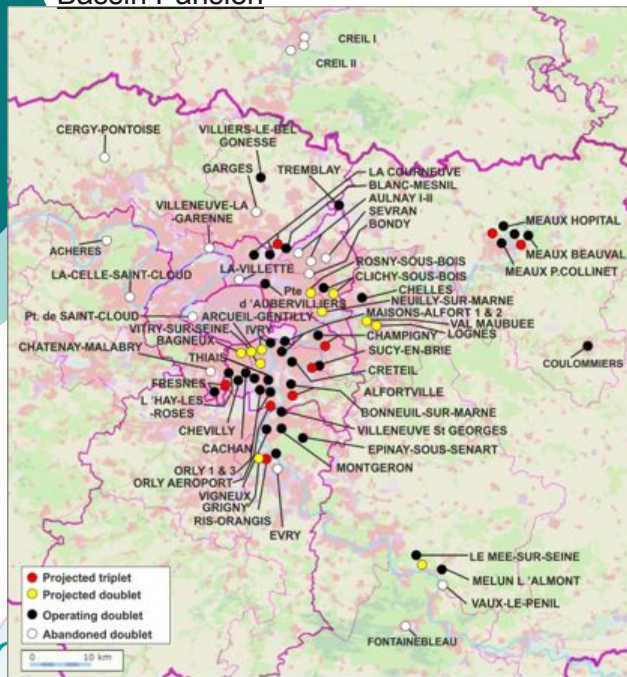


EUROPEAN GEODYNAMIC SETTINGS
 (after C. Sommaruga)



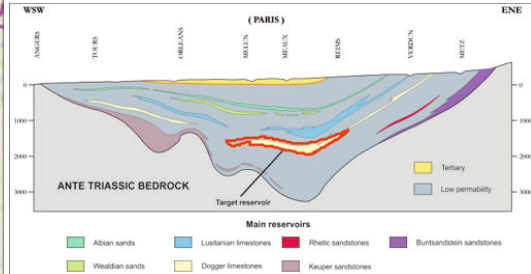
GEOHERMIE PROFONDE

Bassin Parisien



SECTION TRANSVERSALE WE

Rijswijk sandstones. Location of target area and geological background (Netherlands Organization for Applied Scientific Research, TNO)



(modified from Ph. Maget, 1983)



GEOHERMIE PROFONDE

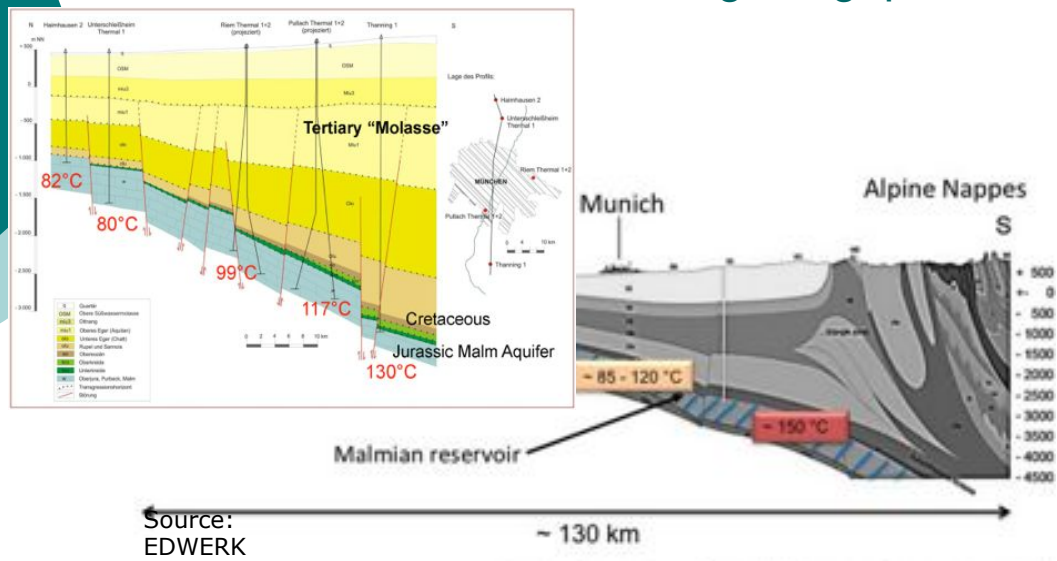
Bassin de Molasse



Source: EDWERK

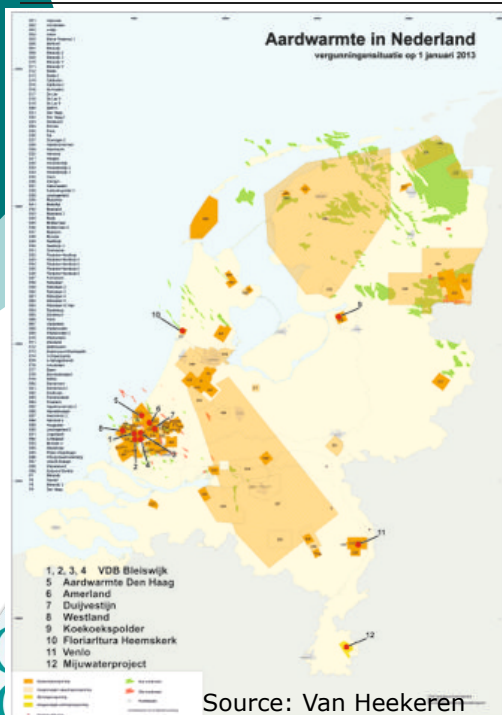


Bassin de Molasse. Section géologique N-S

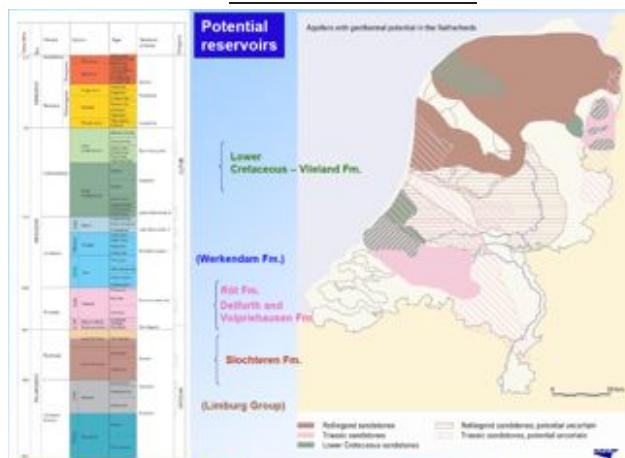


Bassin sédimentaire Pays-Bas

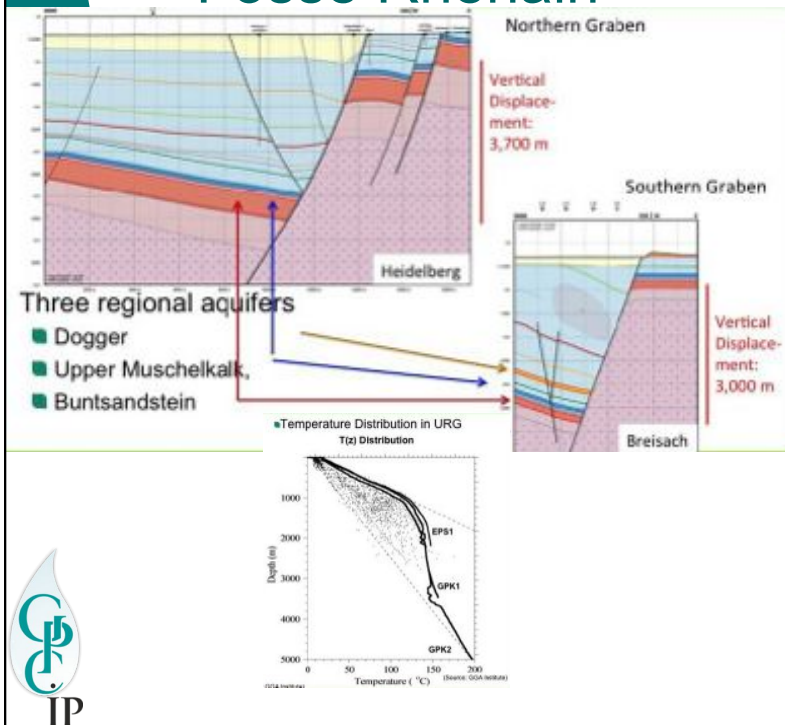
GDH/GHH LOCATIONS & CONCESSION MAP



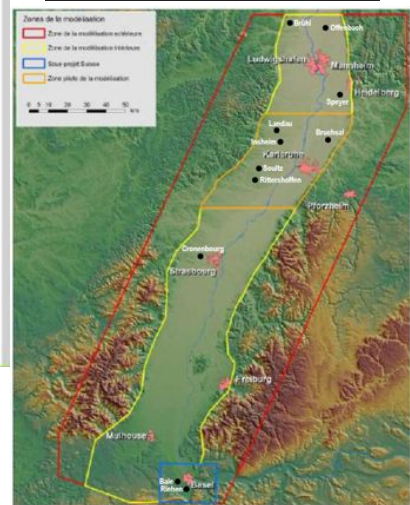
DUTCH RESOURCES



Fossé Rhenain

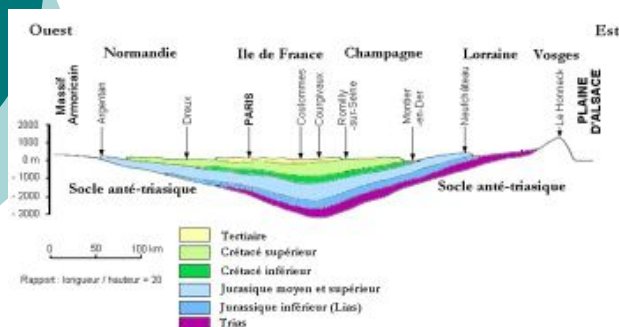


DEEP DRILLING LOCATIONS

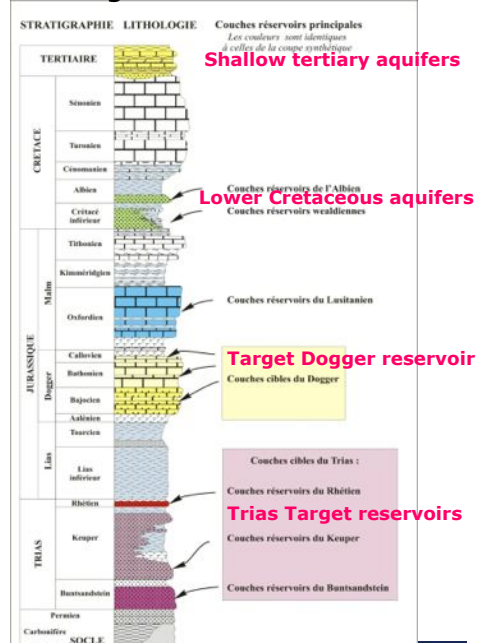


BASSIN PARISIEN. COUPES GEOLOGIQUES

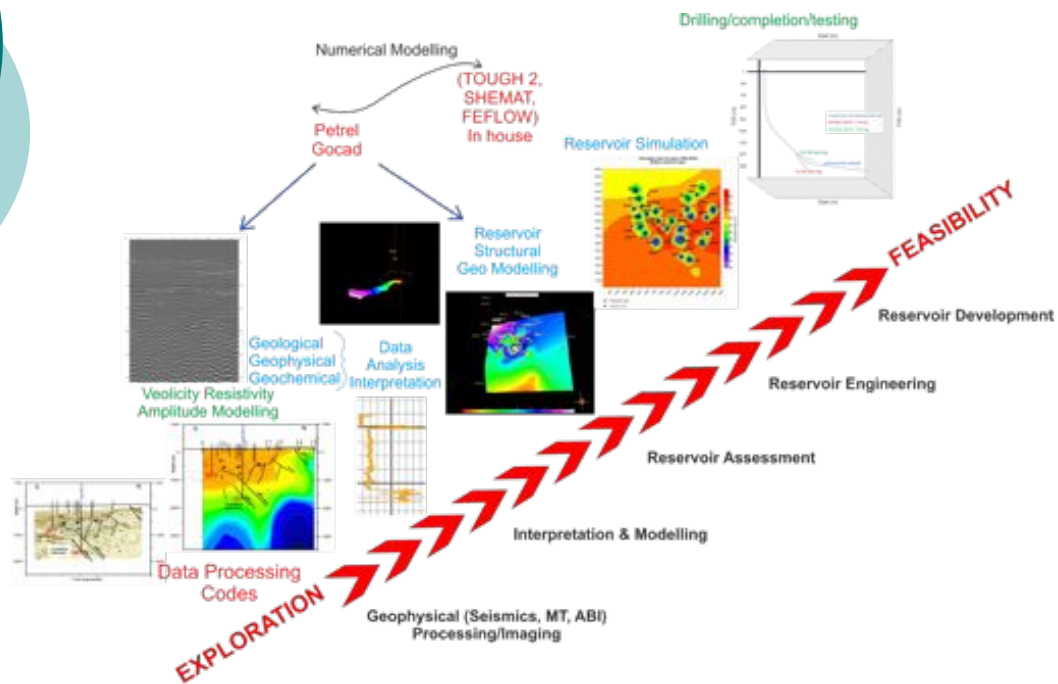
West East Cross Section



Lithostratigraphic column and target reservoir horizons



APPROCHE INTÉGRÉ

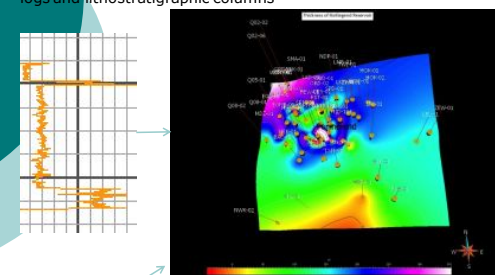


DCE14102 GRC ANNUAL MEETING – PORTLAND, 2014

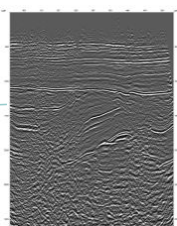


GEOMODELLING 3D 3D REGIONAL GEOLOGICAL MODEL

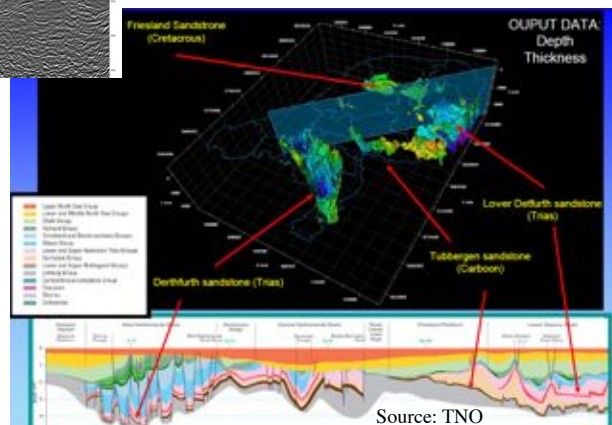
Borehole data:
logs and lithostratigraphic columns



Seismic data



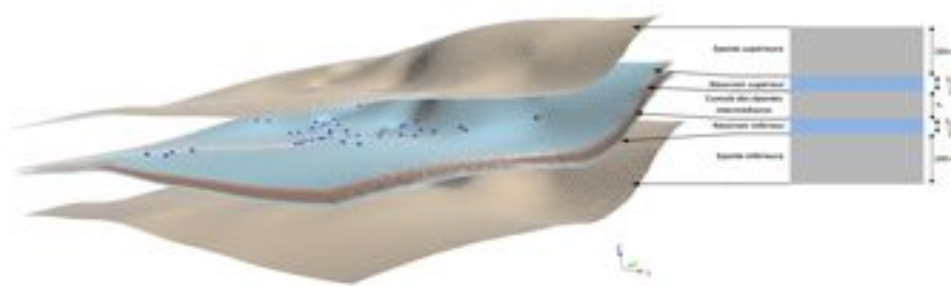
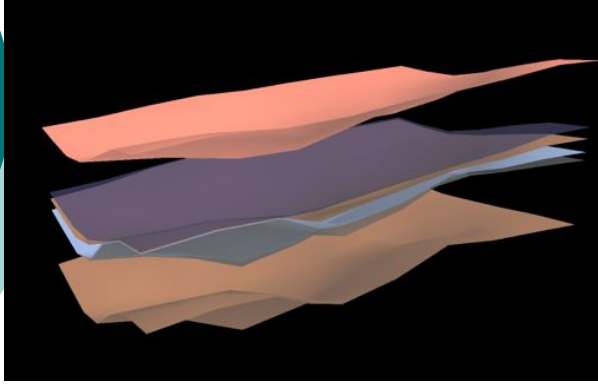
SOUTHERN NETHERLAND CLASTICS



Interpolated data extracted from existing
databases and geological atlases

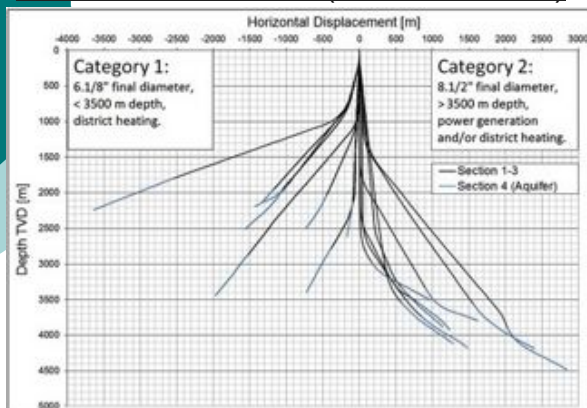


GEOMODELISATION 3D



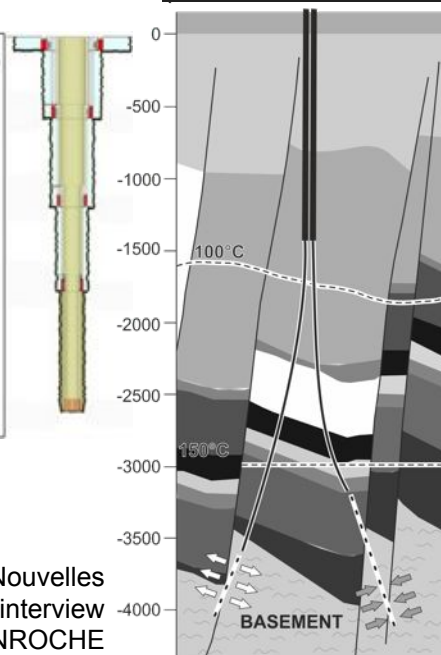
TRAJECTOIRES DE PUITS

RECORDED TRAJECTORIES KARSTIFIED/
REEF/LAGOON FACIES (MOLASSE BASIN)



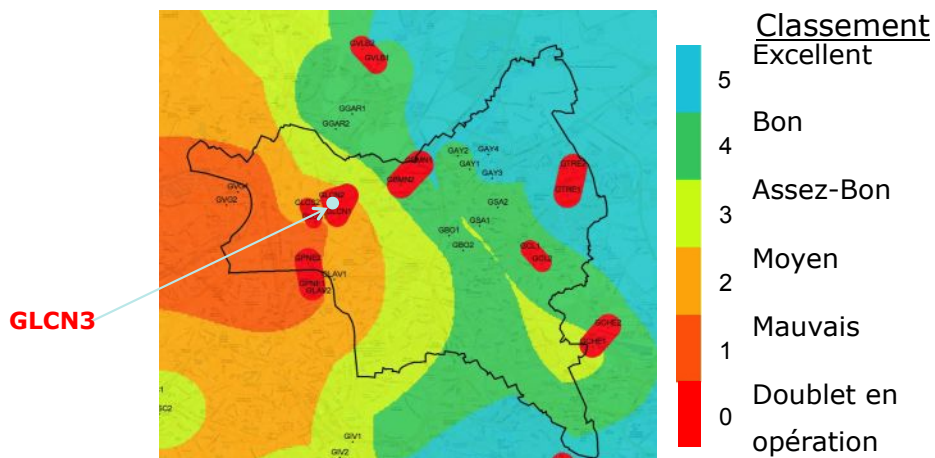
Source: Erdwerk 2014 D-GEO-DAYS PARIS

FAULT/BLOCK STRUCTURE
(UPPER RHINE GRABEN)



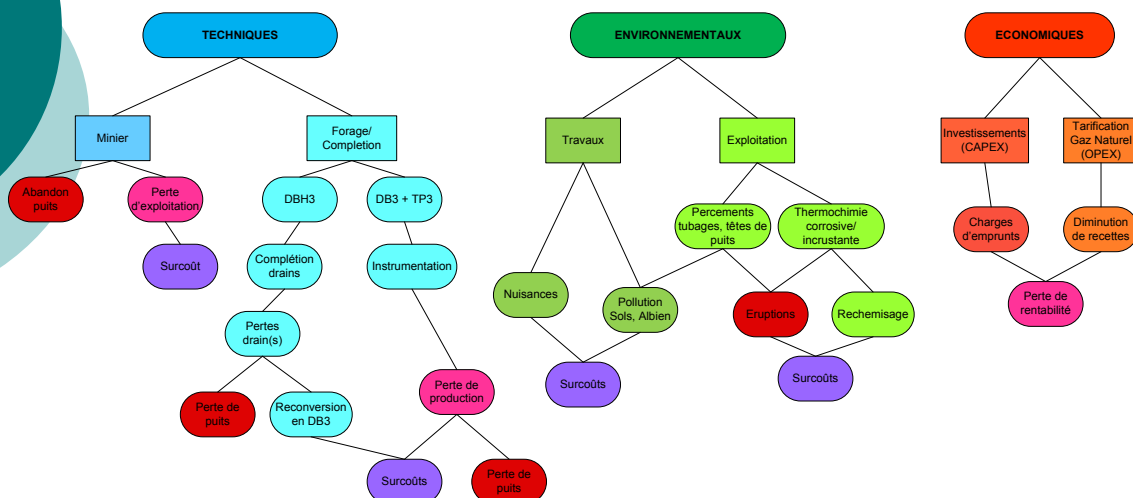
Source: Dernières Nouvelles
d'Alsace (DNA, 2013) et interview
FONROCHE

CLASSEMENT DES RESSOURCES

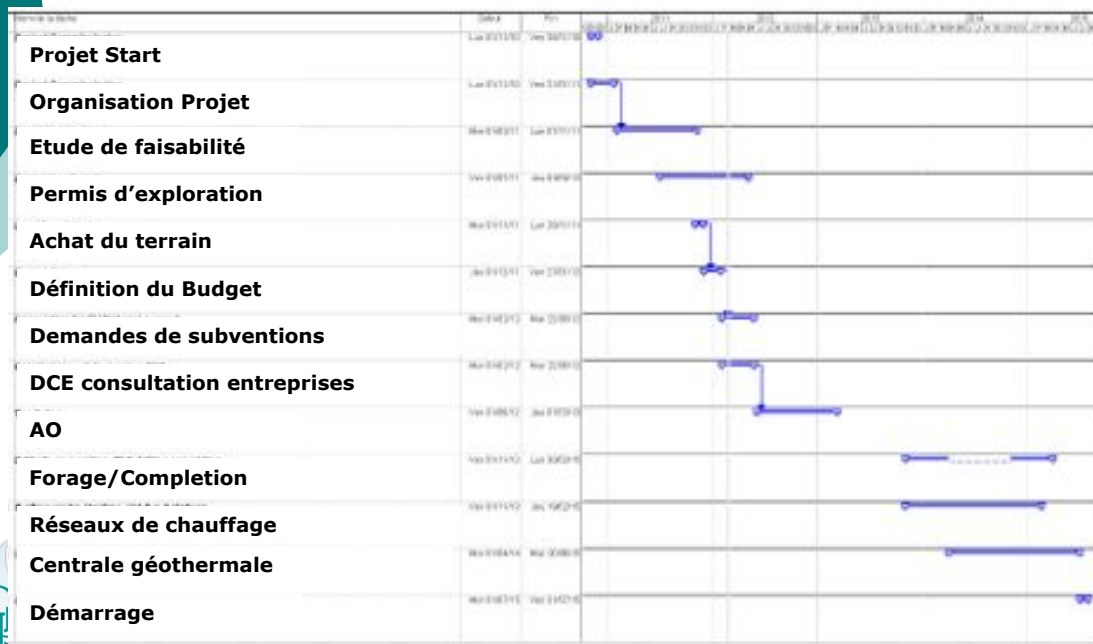


ANALYSE DES RISQUES

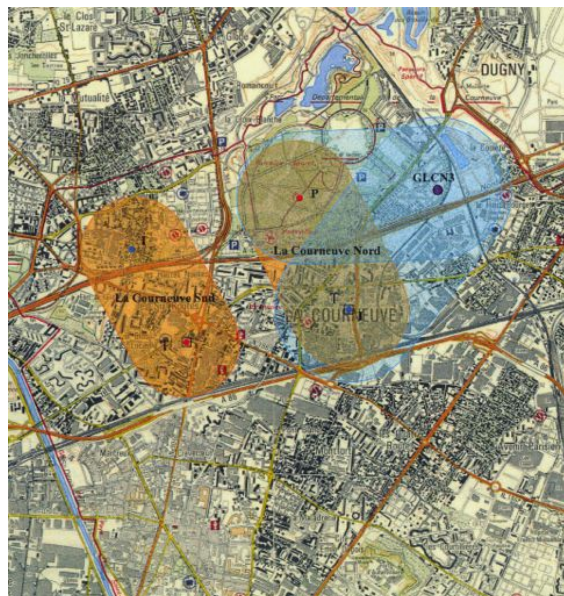
ARBORESCENCE DES RISQUES



PLANNING PROJET



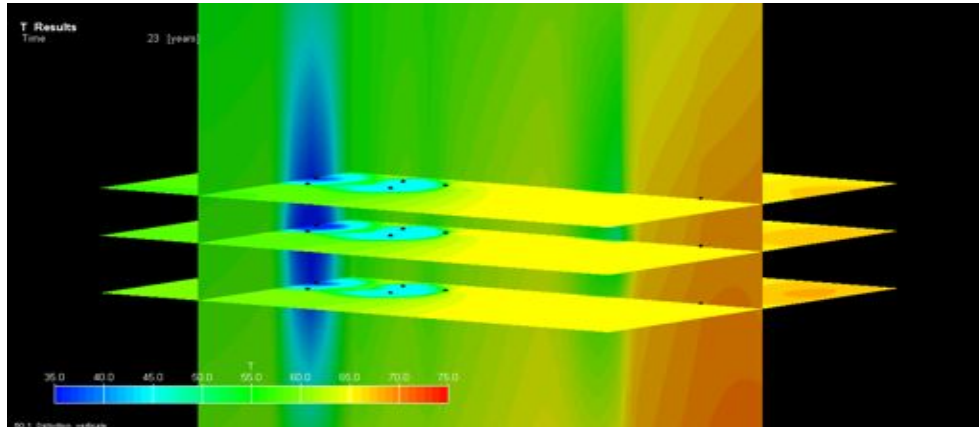
Périmètre d'exploitation au sol (doublet ancien et triplet nouveau) site de La Courneuve Nord



MODELISATION RESERVOIR

Vue 3D de la cinétique de refroidissement (année 2035)
(280 m³/hr)

Qnom = 280 m³/h



VUE DU SITE



[illegible]

APPAREIL DE FORAGE



28

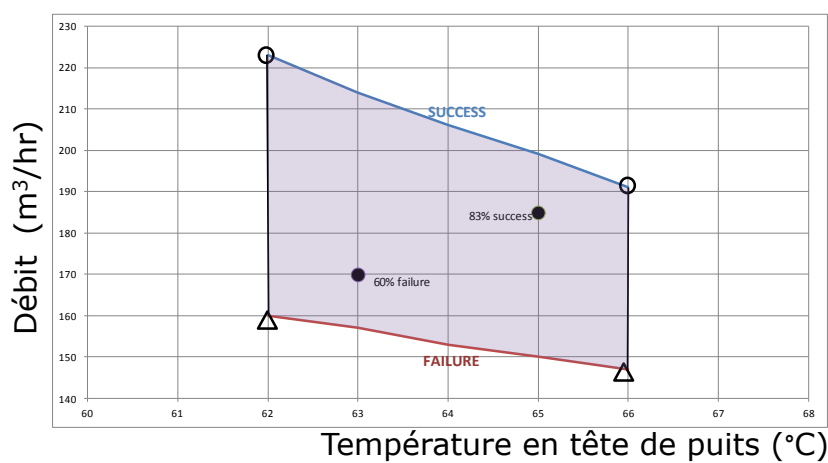
DONEES

	Nominal	Maximum
Débit (m ³ /hr)	250	300
Température en tête de puits (°C)	58	58
Température d'injection (°C)	38	38
Puissance installée (MW _i)	5.8	7
Pression entrée échangeur (barg)	10	10
HMP EPI (m)	#100	#120
Pression sortie échangeur (barg)	8.5	8.0
Pression d'injection (barg)	24	30
Puissance pompe de production (kWe)	150	220
Puissance pompe d'injection (kWe)	225	375
COP	#15	#12



29

RISQUE. CRITERES DE SUCCES/ECHEC



Numerical application:

CAPEX=12 10⁶ €
 OPEX= 5 10⁵ €
 n=20 ans
 nh=8256 hr/a
 r=5% (échec total)

r=10% (success total)
 Fonds propres 100%
 Subsidies=0 ; 25% CAPEX
 c=35 ; 40 ; 45 €/MWh
 T_i=40 ; 45 ; 50°C



30

COUTS MINIER(10³€) NOUVEAU DOUBLET

CAPEX			OPEX		
	min	max		min	max
Forage/completion	8500	9000	P1 Electricité, inhibiteurs, consommables	200	250
Boucle géothermale	1200	1300	P2 Suivi, maintenance légère	75	90
Echangeur de chaleur	300	400	Maintenance lourde, Workover, astreinte anti- eruption	250	300
Total	10000	10700	Diverse	30	50
			Total	555	690



31

Geothermal Energy:
renewable-sustainable-proven-achievable-realistic



Thank you! Merci!

www.gpc-france.com



Faire savoir notre savoir-faire sur la géothermie

25.11.14, Journée Romande

Michel Meyer

Responsable géothermie SIG



1

Constat



Est-ce que la géothermie existe officiellement ??



Consommation finale en TJ		Variation en %	Part en %		
2012	2013	2012-2013	2012	2013	
461'580	468'790	1.6	52.8	52.3	Agents énergétiques
161'130	168'460	4.5	18.4	18.8	Produits pétroliers
154'280	162'550	5.4	17.7	18.1	dont:
1480	870	-41.2	0.2	0.1	Combustibles pétroliers
1370	1050	-23.4	0.2	0.1	dont:
4000	4000	0.0	0.5	0.4	Huile extra-légère
300'450	300'320	0.0	34.4	33.5	Huile moyenne et lourde
125'100	119'410	-4.5	14.3	13.3	Coke de pétrole
67'330	68'060	1.1	7.7	7.6	Autres
108'030	112'930	4.4	12.4	12.6	Carburants
212'300	213'560	0.6	24.3	23.8	dont:
114'390	121'170	5.9	13.1	13.5	Essence
5270	5'870	7.6	0.6	0.6	Carburants d'aviation
37000	40'460	9.4	4.2	4.5	Carburant diesel
16380	17'890	6.0	1.9	2.0	Electricité ¹
10'260	10'500	2.3	1.2	1.2	Gaz ²
16'360	17'960	9.8	1.9	2.0	Charbon
520	480	-7.7	0.06	0.05	Energie du bois
1800	1'810	0.6	0.21	0.20	Chaleur à distance
1850	2'040	10.3	0.21	0.23	Déchets industriels
12'190	13'630	11.8	1.39	1.52	Autres énergies renouvelables
874'040	896'000	2.5	100.0	100.0	dont:
					Carburants biogènes
					Biogaz ³
					Soleil
					Chaleur de l'environnement
					Total consommation finale

Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2013 Statistique globale suisse de l'énergie 2013

3.7 Autres énergies renouvelables

Ce groupe d'agents énergétiques, qui comprend l'énergie éolienne, l'énergie solaire, les biogaz, les carburants biogènes et la chaleur ambiante, est comptabilisé depuis 1990 dans la consommation brute et dans la consommation finale d'énergie. Les séries chronologiques des différents agents

Le nombre de *pompes à chaleur* a considérablement augmenté ces dernières années. Cette technique d'utilisation de la chaleur ambiante issue de l'air, des eaux de surface et du sous-sol ou de la géothermie, au moyen d'une pompe électrique, représente une part croissante des nouvelles installations de chauffage.

Statistique des énergies renouvelables



Utilisation de l'énergie en TJ		Prod. d'électr.		Chaleur ¹⁾		Autres ²⁾	
Classe Technologie	Energie brute	2013	Δ AP	2013	Δ AP	2013	Δ AP
1. Centrales hydrauliques		134'784	-156				
1.1 Fil de l'eau	Hydraulique	63'932	-263				
1.2 Accumulation	Hydraulique	70'852	+65				
2. Utilisation de l'énergie solaire		1'959	+806	2'042	+189		
2.1 Capteurs à tubes et capteurs plans	Solaire			1'905	+187		
2.2 Capteurs non vitrés	Solaire			237	+2		
2.4 Installations photovoltaïques	Solaire	1'959	+806	0	0		
3. Utilisation de la chaleur ambiante				13'629	+1'439		
3.1 Pompes à chaleur électriques	Chaleur ambiante			13'614	+1'438		
3.2 Pompes à chaleur à moteur à gaz	Chaleur ambiante			5	-1		
3.3 Géothermie (sans p. à chaleur)	Chaleur ambiante			10	+2		
4. Utilisation de la biomasse		1'277	+143	28'304	+2'504		
4.1 Chauffage d'un local au bois	Bois			5'011	+475		
4.2 Chauffages d'un bâtiment au bois	Bois			5'944	+297		
4.3 Chauffages automatiques au bois	Bois	806	+67	13'324	+1'437		
4.4 Chauffages en partie au bois	Bois	193	+27	3'966	+378		
4.5 Install. à biogaz dans l'agriculture	Biogaz	277	+49	60	+7		
5. Eoliennes	Energie éolienne	322	+5				
6. Valorisation de la part renouvelable des déchets		4'048	+147	7'868	+25		
6.1 Usines d'incinération des ordures ³⁾	Ordures mén.	3'744	+126	5'909	+247		
6.2 Chaudières à déchets renouvelables	Déchets ind.	35	-1	1'918	-241		
6.3 Installations à gaz de décharge	Gaz de déch. ⁴⁾	11	-1	2	-1		
6.4 Install. à biogaz arts et métiers/industrie	Biogaz	258	+23	138	+18	243	+37
7. Utilisation des rejets énergétiques des STEP		477	+11	1'054	-23		
7.1 Installations à gaz des STEP	Gaz d'épur. ⁴⁾	451	+8	896	-0		
7.2 Installations à biogaz dans l'industrie	Biogaz	25	+3	158	-23		
8. Carburants biogènes						905	+86
Déduction part renouv. des pertes chaleur à distance				-641	-110		
Total énergies renouvelables		142'867	+914	52'057	+1'112	1'149	+123
dont production d'électricité sans hydraulique		8'083	+1'112				

Bundesamt für Energie

Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien

Ausgabe 2013

25. September 2014

3. Utilisation de la chaleur ambiante	13'629
3.1 Pompes à chaleur électriques	13'614
3.2 Pompes à chaleur à moteur à gaz	5
3.3 Géothermie (sans p. à chaleur)	10

La géothermie est très mal connue, même par les spécialistes

Ceux qui classent la géothermie ne sont pas ceux qui la connaissent

2

Incidences



Incidences

Les autres parlent pour nous



eicher+pauli

Planer für Energie- und Gebäudetechnik

Dr. Eicher+Pauli AG
Bautschstrasse 65, CH-3014 Bern
Tel: 031 370 14 14, Fax: 031 370 14 15
info@eicher-pauli.ch, www.eicher-pauli.ch

12. März 2014

Weissbuch Fernwärme Schweiz – VFS Strategie

Langfristperspektiven für erneuerbare und energieeffiziente Nah- und Fernwärme in der Schweiz

Schlussbericht Phase 2: GIS-Analyse und Potentialstudie

Parfois de manière fausse
ou incomplète

Incidences

Des stratégies importantes
sont élaborées sans notre
avis ...

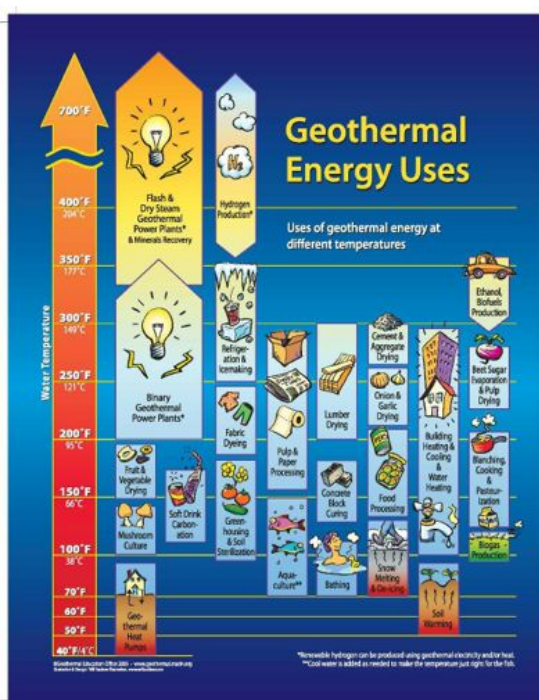
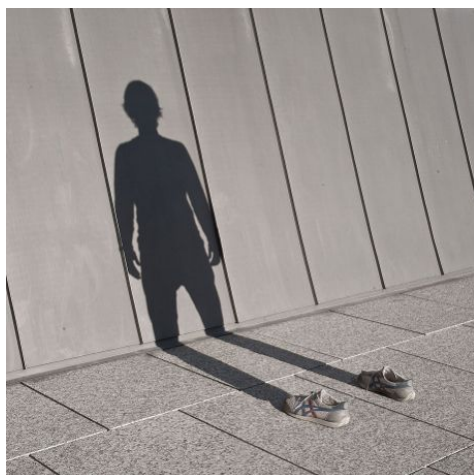
Energiequelle	Priorität
Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)	1
Grundwasser	2
Abwasserreinigungsanlagen (ARA)	3
Seen	4
Flüsse	5
Holz	6
Tiefengeothermie	7

Wärmequelle	Wärmepotential [TWh/a]	Zugeordnet [TWh/a]	Deckung an FW
KVA	5.7	3.6	21%
Direkte AWW Industrie	3.6	Nicht zugeordnet	Nicht zugeordnet
Grundwasser	12.2	1.9	11%
ARA	7.7	1.9	11%
Seen	97.0	5.1	29%
Flüsse	21.3	1.8	10%
Holz	20.5	1.7	10%
Geothermie	70.0	1.3	8%
Total	238.0	17.3	100%

Tabelle 11 Wärmepotential und resultierende Zuordnung.

Incidences

.... Les réels potentiels
de la géothermie
ne sont pas connus
ses décideurs et de la
population ...





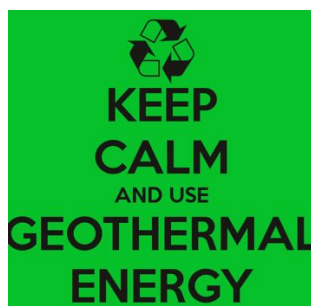
La géothermie peut continuer de faire peur

3

Améliorer la situation



Pallier au manque de visibilité



Inform

Convaincre

Rassurer

Inform – priorité à l'information thématique

- ▣ Communication factuelle, vulgarisée, positive et orientée résultats
- ▣ Faire connaître la géothermie et ses enjeux avec une communication adaptée aux publics concernés
- ▣ Développer une langage propre et des définitions communes à la géothermie
- ▣ Informer objectivement des avantages et des risques des techniques utilisées
- ▣ Etre transparent par rapport aux différentes inconnues



Rassurer

- ▣ **Présenter geothermie.ch comme un organe neutre, indépendant, et engagé auprès des collectivités publiques – Augmenter la visibilité de geothermie.ch**
 - ▣ **Montrer les utilisations en cours tout en relevant les similarités et les spécificités suisses**
 - ▣ **Rassurer sur les techniques utilisées et les risques sismiques**
 - ▣ **Se distinguer des projets d'exploitation d'hydrocarbures**
-



Convaincre

- ▣ **Démontrer les potentiel de la géothermie, y compris son très important potentiel chaleur**
 - ▣ **Démontrer l'importance de la géothermie dans la politique énergétique et climatique de la Suisse**
 - ▣ **Convaincre du caractère indispensable des forages en phase d'exploration pour évaluer la faisabilité des projets**
 - ▣ **Convaincre que la géothermie c'est déjà aujourd'hui**
 - ▣ **Montrer les multiples avantages de l'exploitation d'une telle source d'énergie (indépendance, non polluant, coûts, ruban)**
 - ▣ **Impliquer la population**
 - ▣ **Mettre l'accent sur les opportunités de développement économique**
-

4

Se baser sur notre savoir-faire

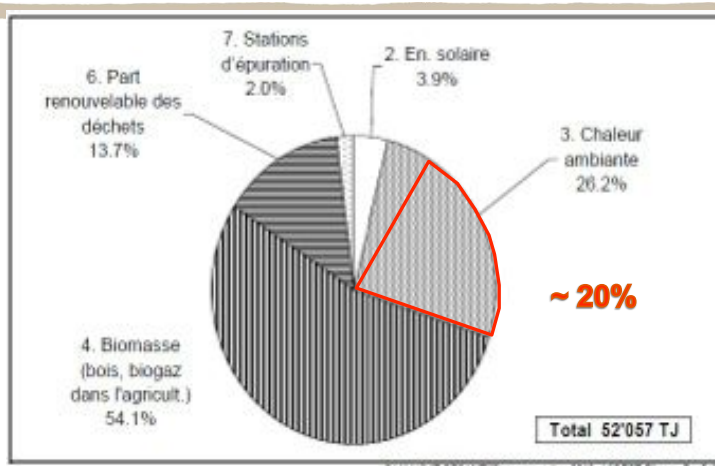


Valoriser ce qui a été faiten Suisse

**Puissance installée et installations géothermiques
réalisées en Suisse en 2012**
(Statistik der geothermischen Nutzung in der Schweiz – Ausgabe 2013)

Type et utilisation	Puissance (MWth)	Proportion (%)	Production d'énergie (GWh/a)	Proportion (%)
Sondes géothermiques verticales et nappes de tubes horizontales	1339.5	83.28	2341.5	79.24
Nappe phréatique	218.1	13.56	328.8	11.31
Sources thermales et forages	27.1	1.68	225.5	7.63
Géosstructures énergétiques (chauffage et refroidissement)	15.1	0.94	31.4	1.06
Aquifères profonds	4.9	0.30	18.2	0.61
Tunnel (eaux de drainage)	3.6	0.22	7.6	0.26
Echangeurs de chaleur en forages profonds	0.2	0.01	2.1	0.07
Total	1608.5	100	2955.1	100

La géothermie existe en Suisse !

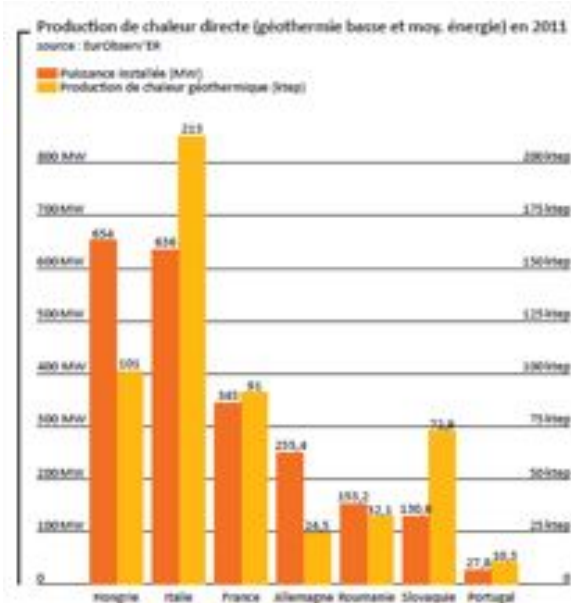
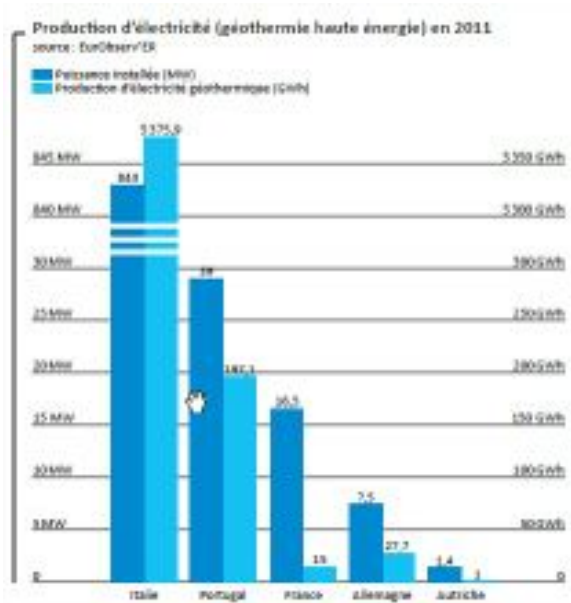


3'000 GWh /an = 300'000'000 litres de mazout / an !!

Ou 15'000 camions
citerne de taille moyenne



Valoriser ce qui a été fait à l'étranger

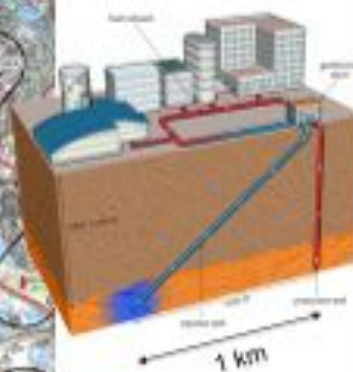


Source ADEME BRGM

La géothermie c'est déjà aujourd'hui



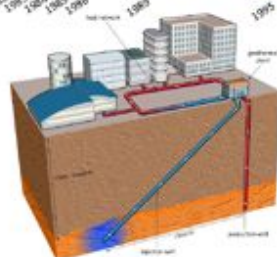
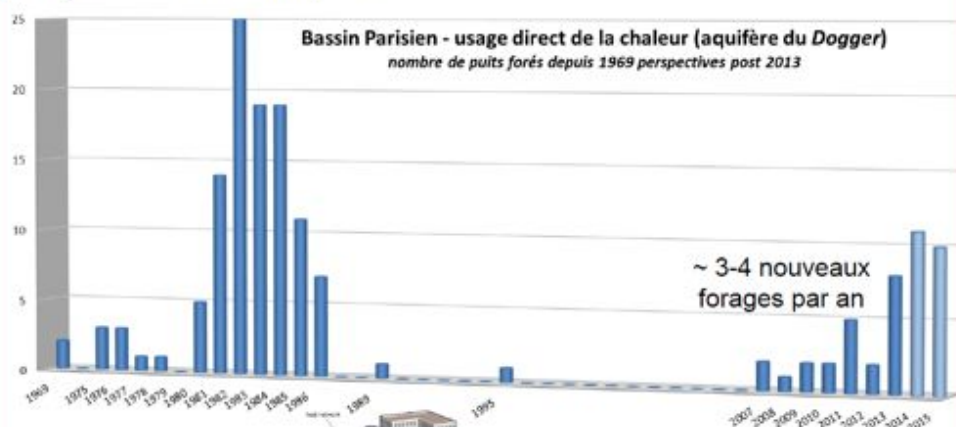
des zones densément exploitées



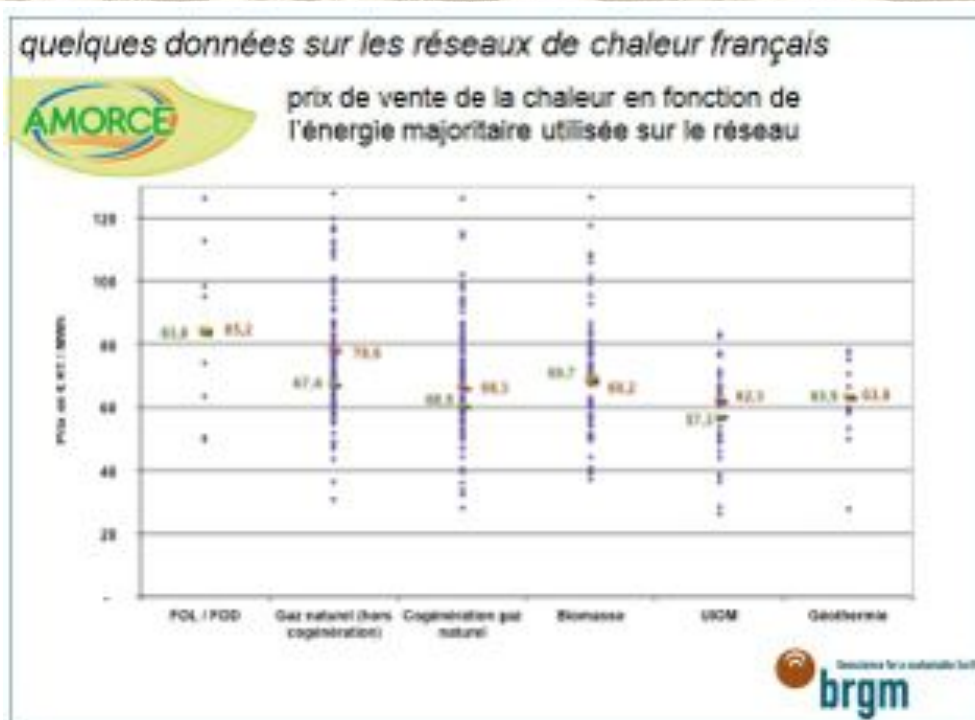
Et même hier !



perspective historique



A un prix intéressant



Pour des applications multiples



Tomatoes grown with renewable energy



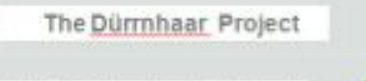
- 2006-2007 réalisation de 2 forages
- Profondeur 1700 m
- Température >60°C
- Débit 85-150 m³/h (= 25-42 l/s)
- Chauffe env. 15 ha de serre
- Economie 4,5 millions de m³ de gaz /an
- Réduit de 74% l'empreinte CO₂ de l'exploitation












- Municipal project, developed by the Erdwärme Grünwald GmbH
- Two boreholes completed:
GT1 4083 m md, GT2 4453 m md
- Productivity 150 l/s @130°C
- Power production: 50 MW_{th}, 4 MW_{el}
- Connected to the district heating grids of Grünwald and Unterhaching
- Start of electricity production: 2014



Y compris pour des projets complexes



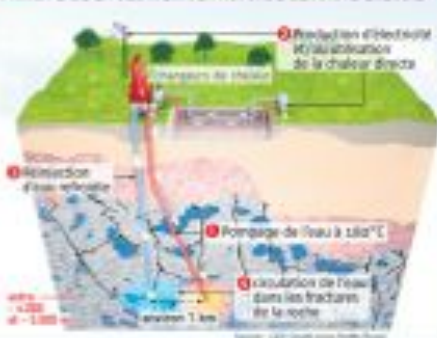
Projet ECOGI

ECOGI Projekt

- > Production de chaleur pour séchage d'amidon
- > Doublet à 2500m, Buntsandstein - toit du socle
- > Caractéristiques attendues :
 - 24MW_{th}
 - 250m³/h
 - 170°C
- > Premier puits réalisé et développé septembre-décembre 2012
- > Second puits prévu pour mars 2014
- > Développement du puits juin 2014



PRINCIPE DE LA GÉOTHERMIE PROFONDE DE HAUTE ÉNERGIE



Source: EG Sécherie

5

Mesures à prendre



Organisation de la communication

3 Niveaux

- ▢ De fonds (site web, brochure de présentation)
- ▢ Par étapes (bulletin, prises de position)
- ▢ Ponctuelle (newsletter, communiqués de presse, conférences, stands, visites)

▢ Ces niveaux doivent être coordonnés et cohérents entre eux. A qui, quoi et comment communiquer doit être organisé

- Nécessité de créer un groupe dédié (cellule de communication) et d'être épaulé par un(e) professionnel(le)
- Assurer une cohérence entre les différents outils de communication (web, bulletin, newsletter, manifestations, communiqués de presse, nouveaux médias)

Conclusions

☞ GEOTHERMIE.CH s'y attèle

☞ Concept général

☞ Lancement de premiers projets

- Brochure générale
- Révision site web
- Révision newsletter
- Amélioration bulletin

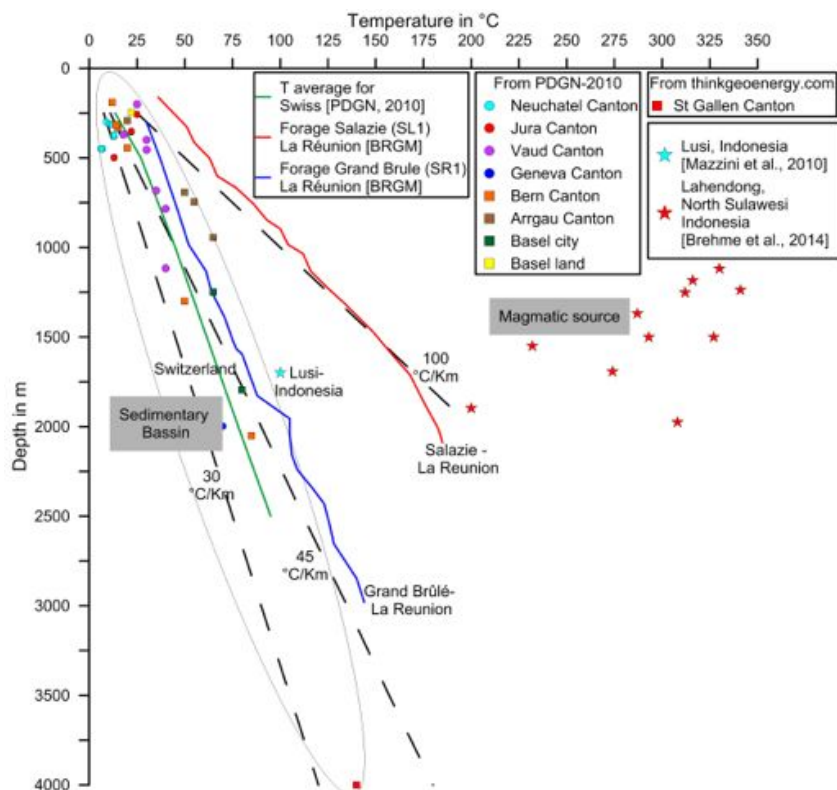


Geothermal energy: Learn globally, act locally

Stephen A. Miller

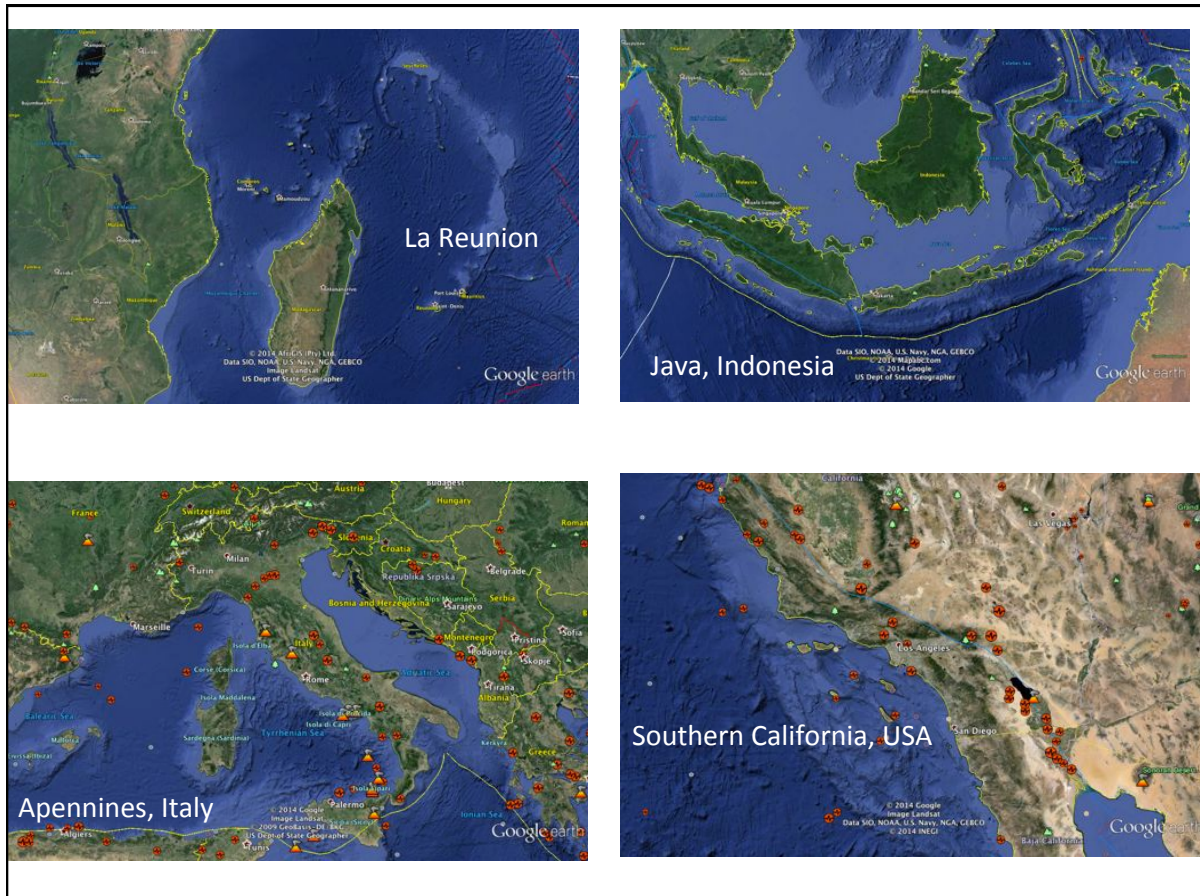
unine
UNIVERSITÉ DE
NEUCHÂTEL

Survey of geothermal gradients



“Tools for the future of geothermal energy”

- Understanding of complex hydrothermal systems
- Geophysical techniques for geothermal exploration and accurate geological models.
- Learning and applying discoveries from hydraulic fracturing “fracking” and CO2 sequestration.
- Coupling geological models to sophisticated, high-resolution, and fast numerical algorithms of the underlying physics.

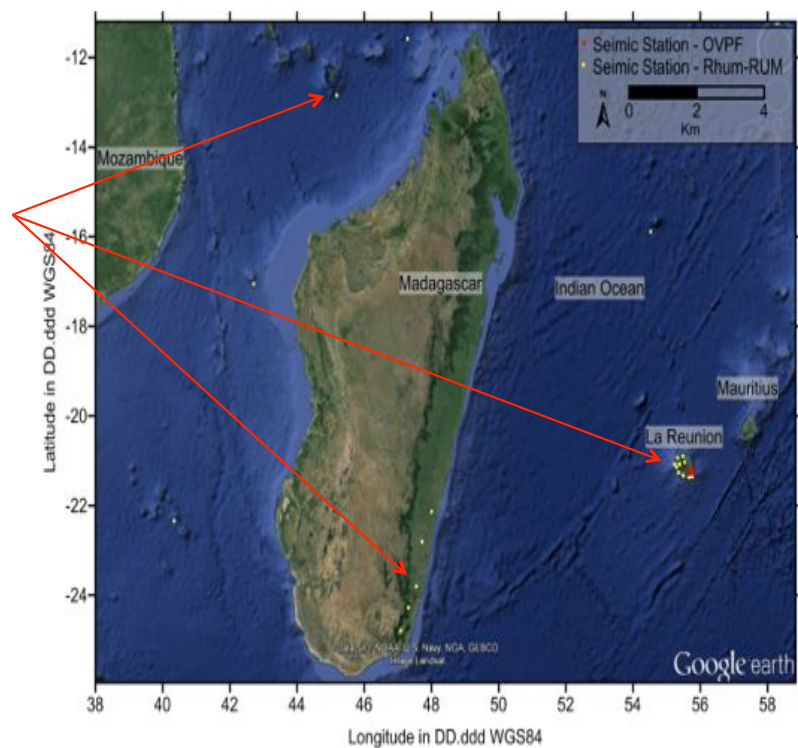




Rhum-RUM project: In search of a mantle plume

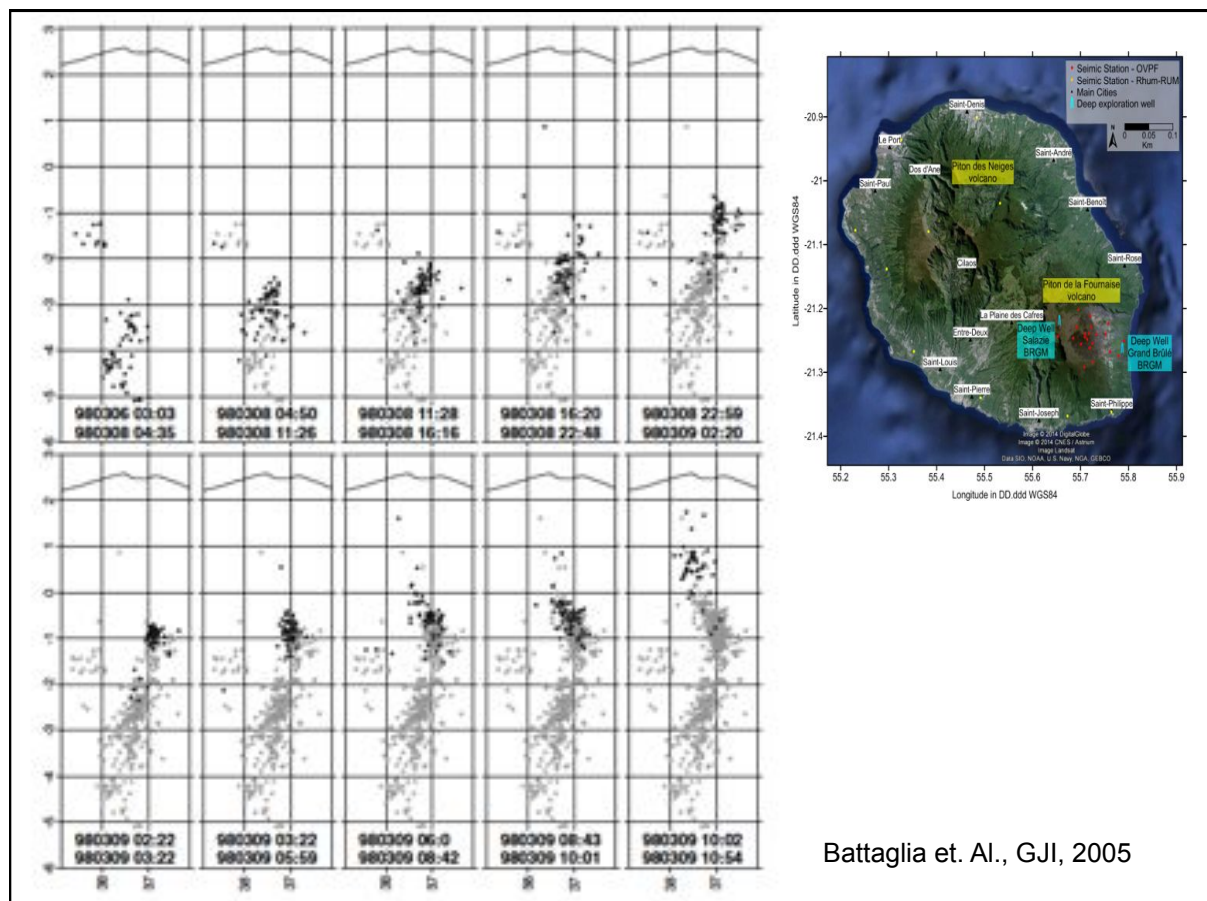
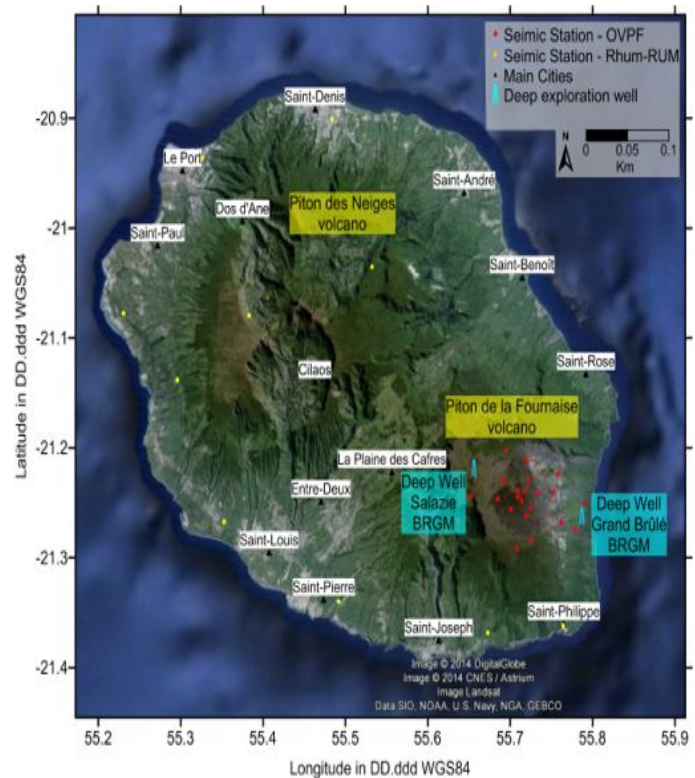
Ocean Bottom
Seismometers
(OBS) surrounding
La Reunion.

Plus increased land
station coverage.



Increased station coverage:

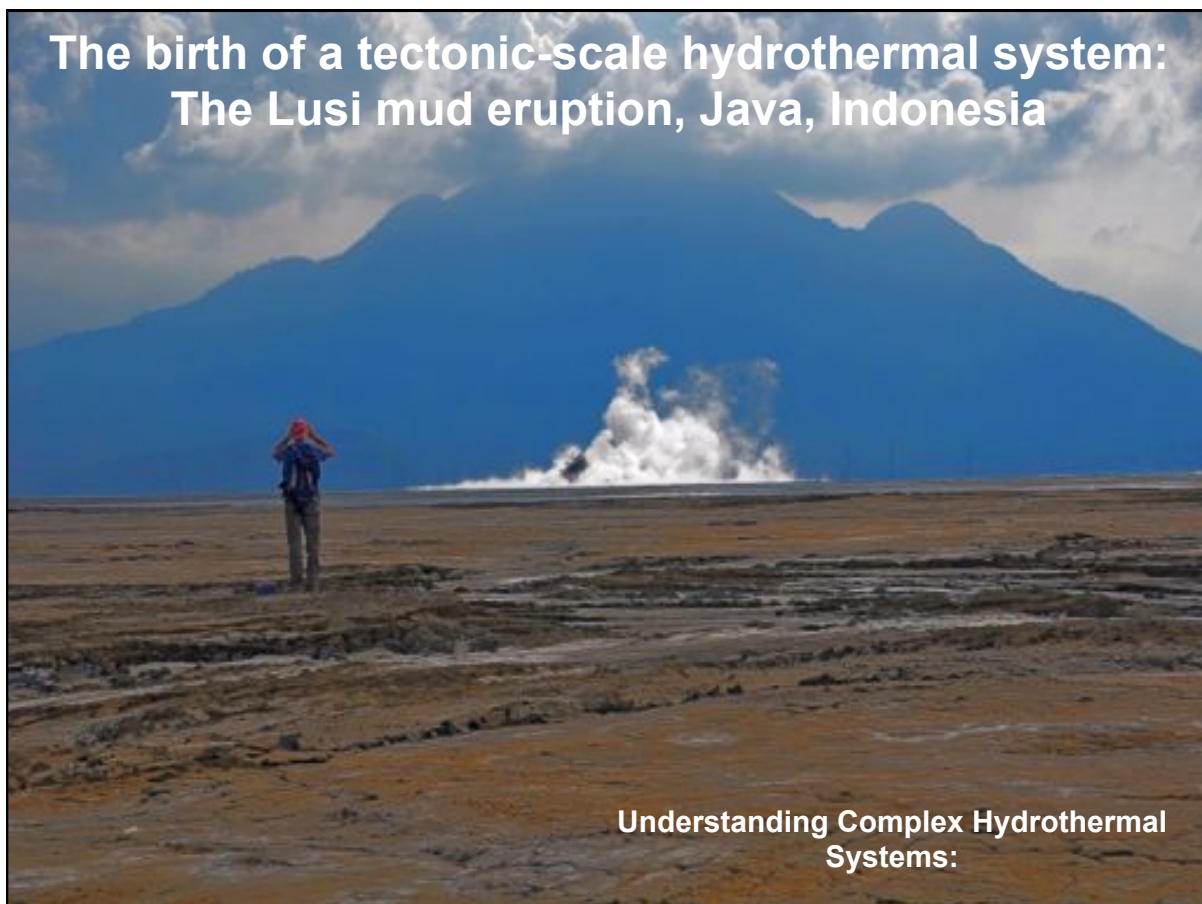
- Access to data from all stations
- Investigate fluid-driven (CO_2) earthquakes and flow paths.
- Salazie geothermal project stopped in 2010 (UNESCO site)
- Deep well in Grand Brûlé not currently considered (volcanic hazard?).



Battaglia et. Al., GJI, 2005



The birth of a tectonic-scale hydrothermal system: The Lusi mud eruption, Java, Indonesia



Understanding Complex Hydrothermal
Systems:

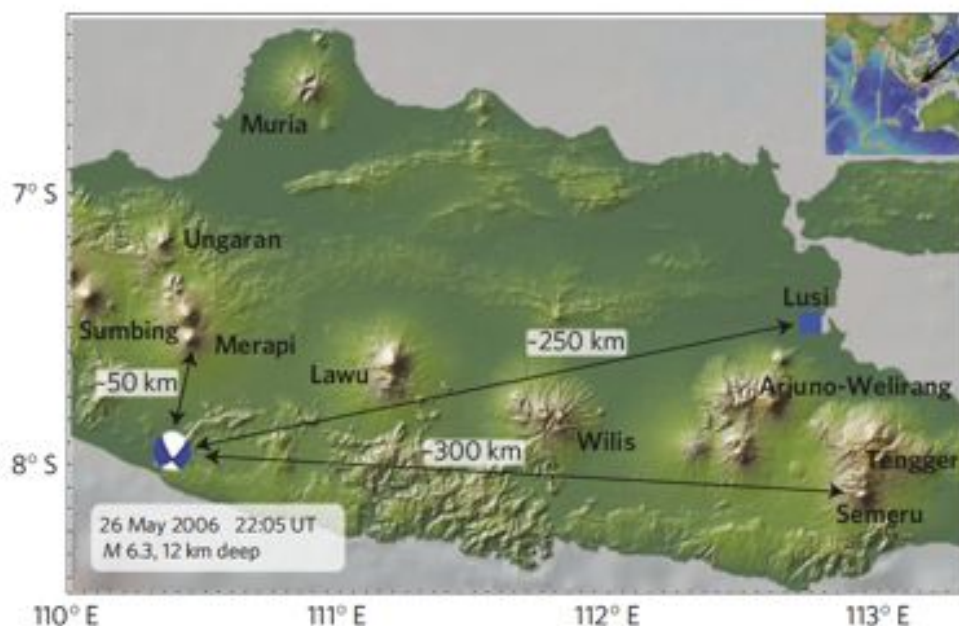
Time 05:54 on 27 May, 2006

Mw=6.3 crustal earthquake
hits Yogyakarta, Java, Indonesia

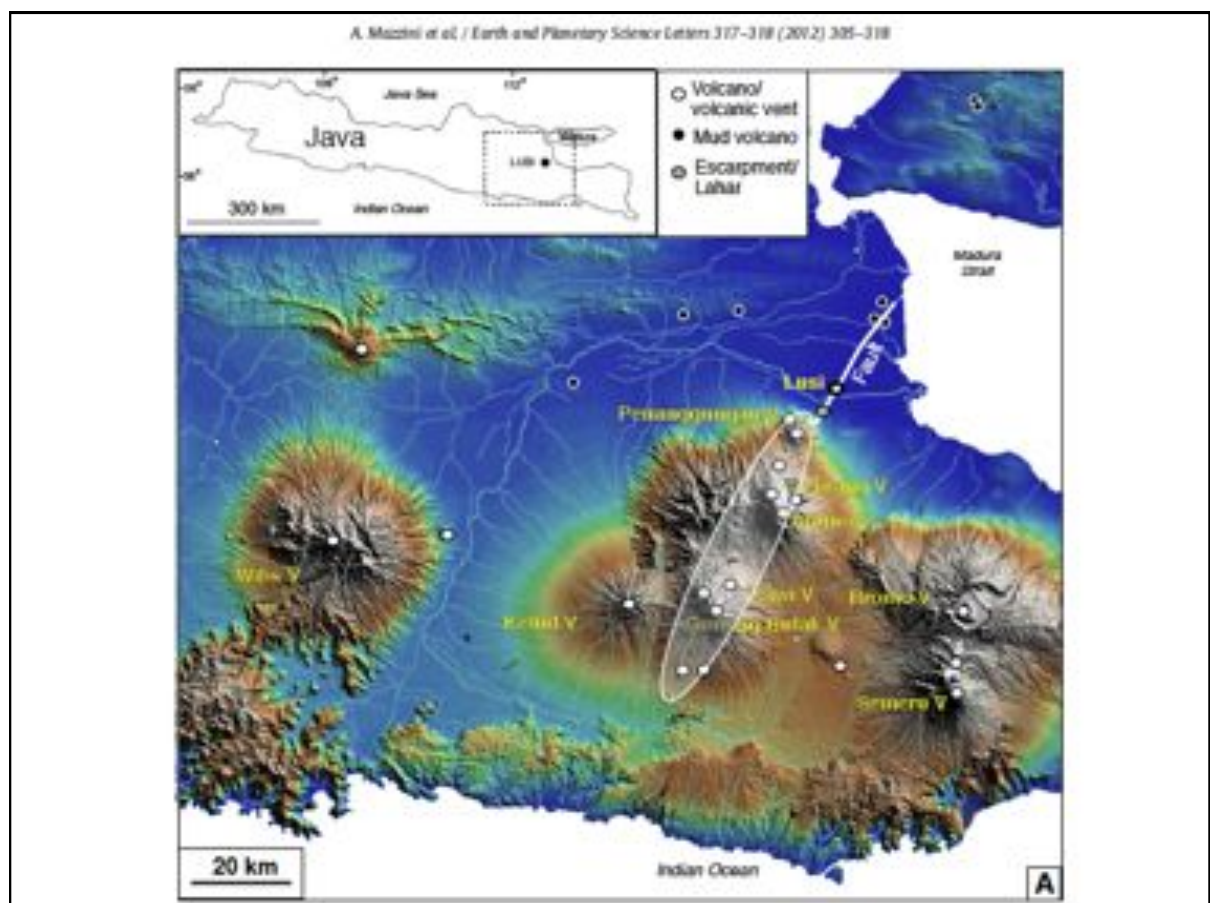


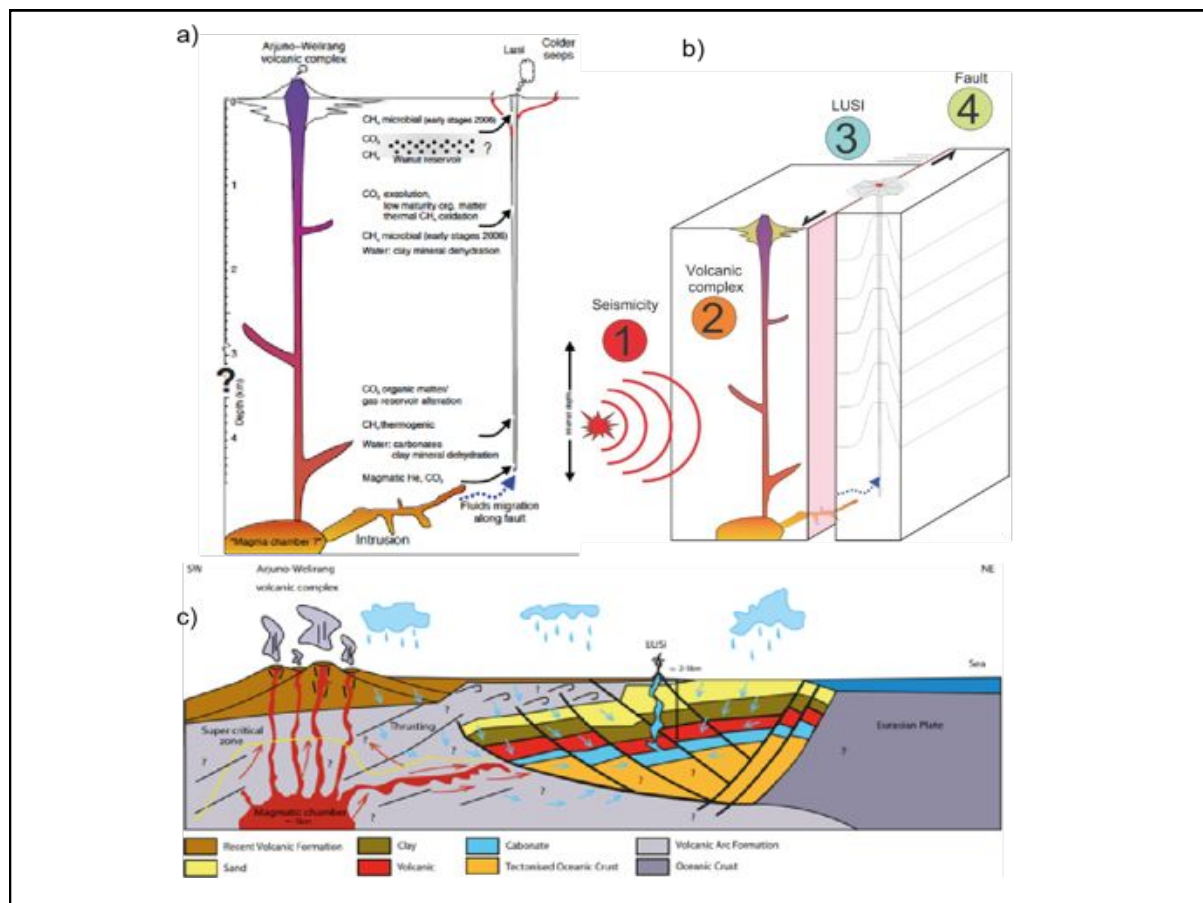
5700 deaths
30,000 injuries
200,000 displaced

...meanwhile, 250 km away, mud starts erupting through the surface in Sidoarjo 40 hours later. Lumpur Sidoarjo, Lusi, is born.



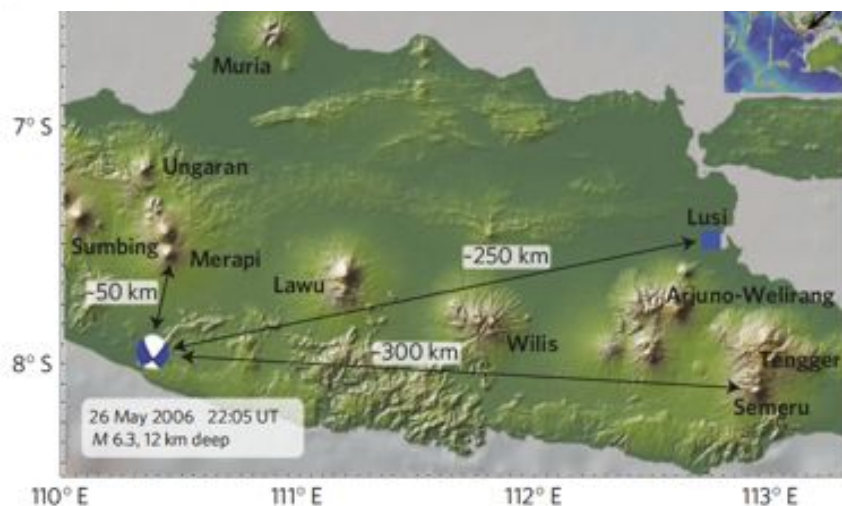
At its peak Lusi spewed up to 180,000 m³ of mud per day.

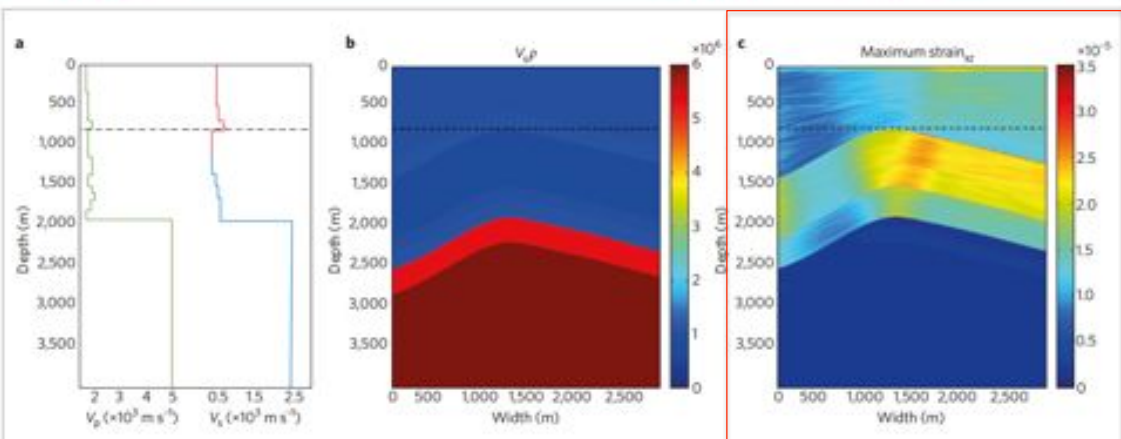
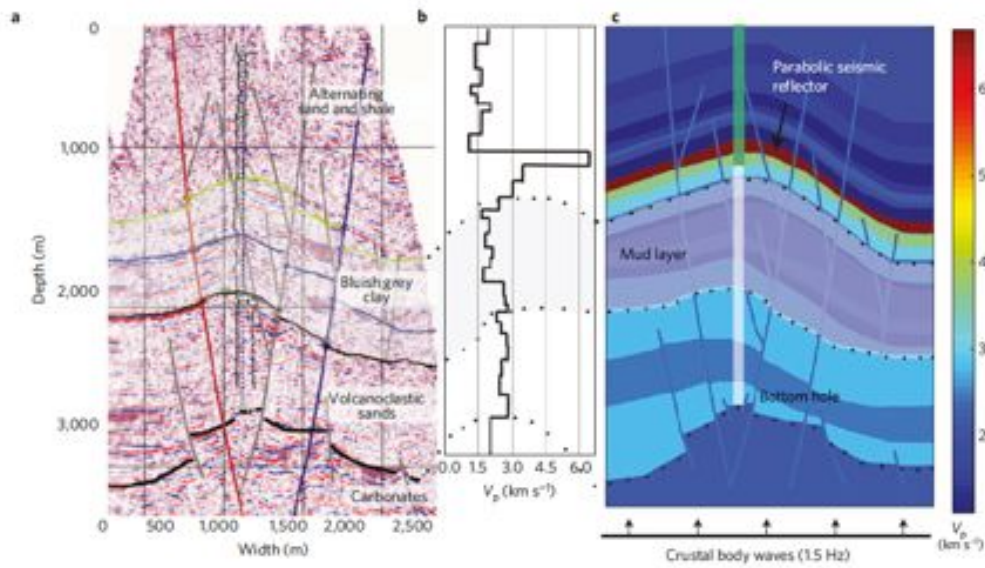


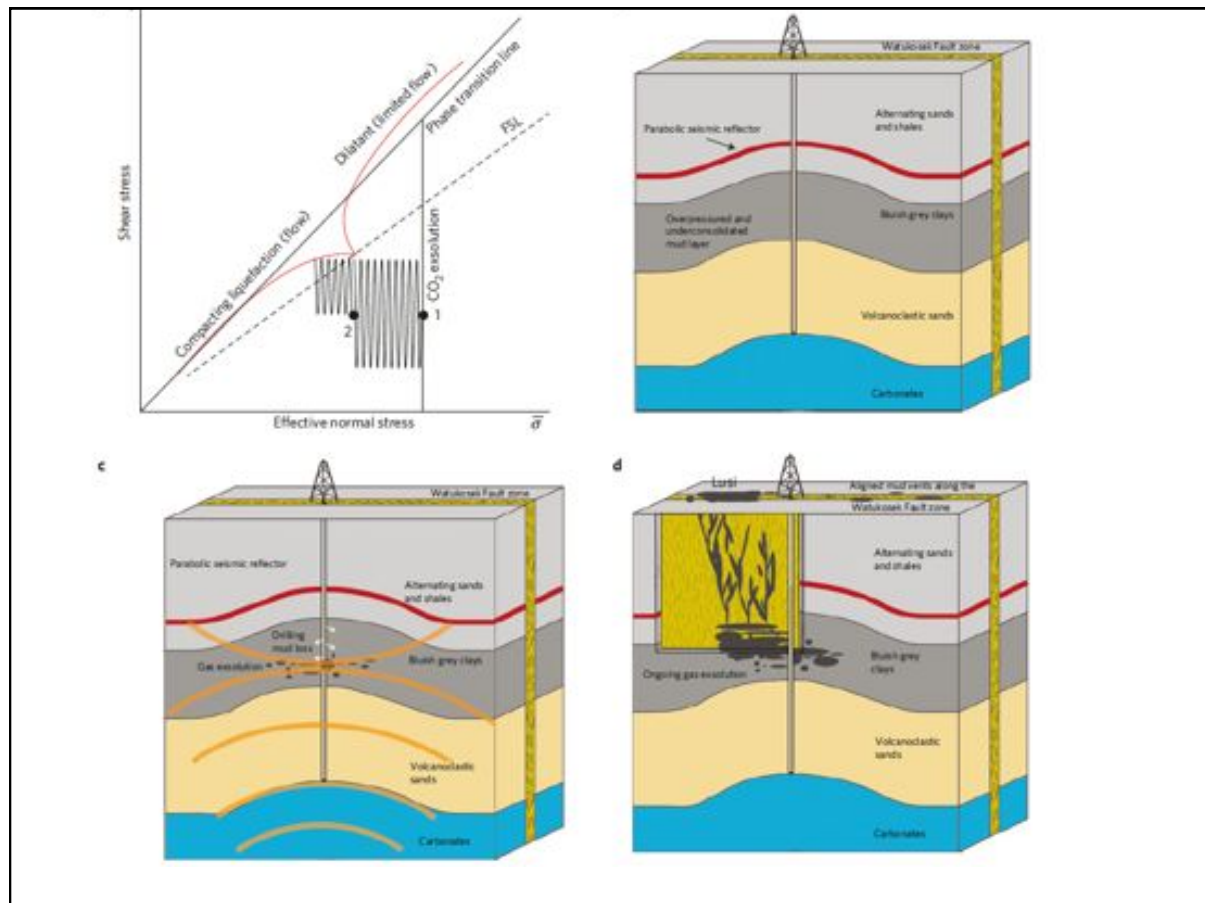


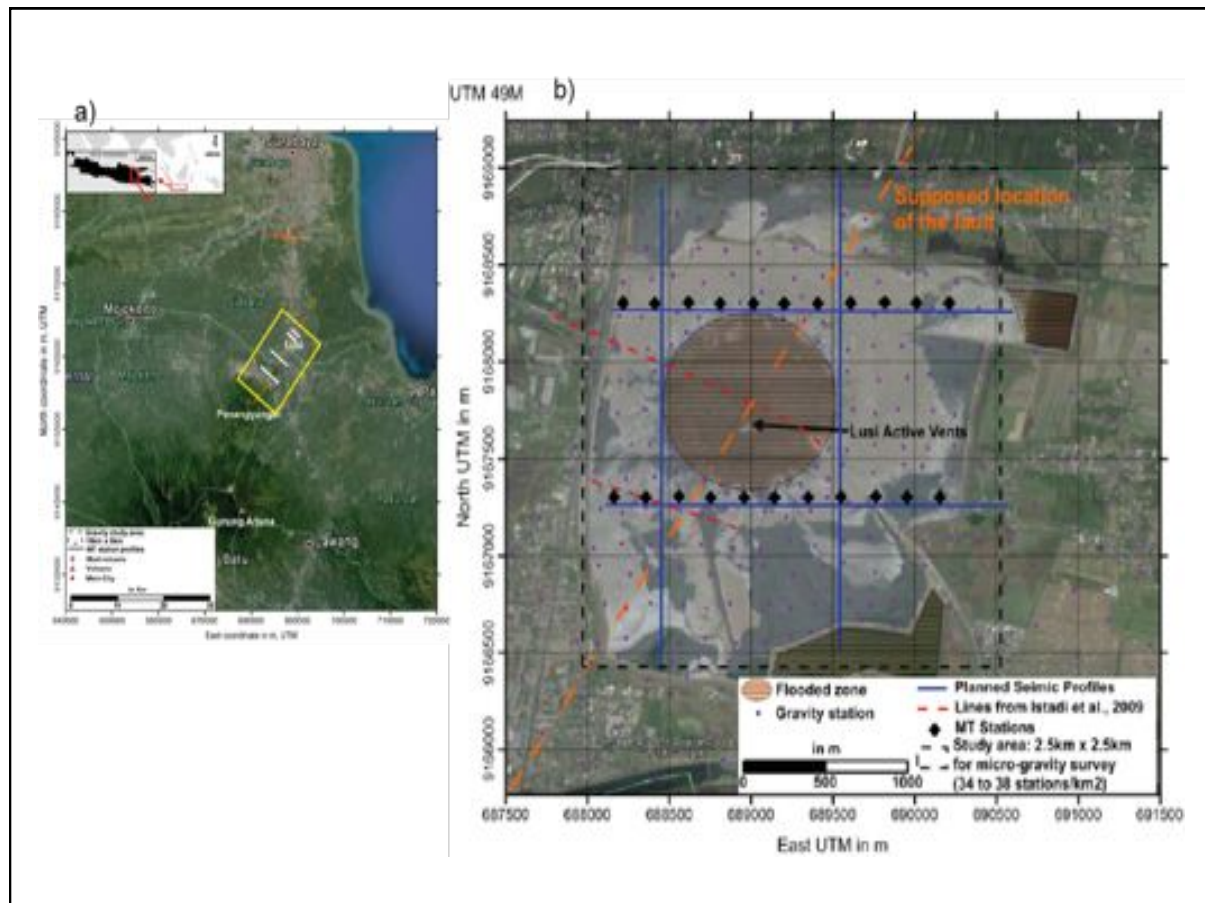
Lusi mud eruption triggered by geometric focusing of seismic waves

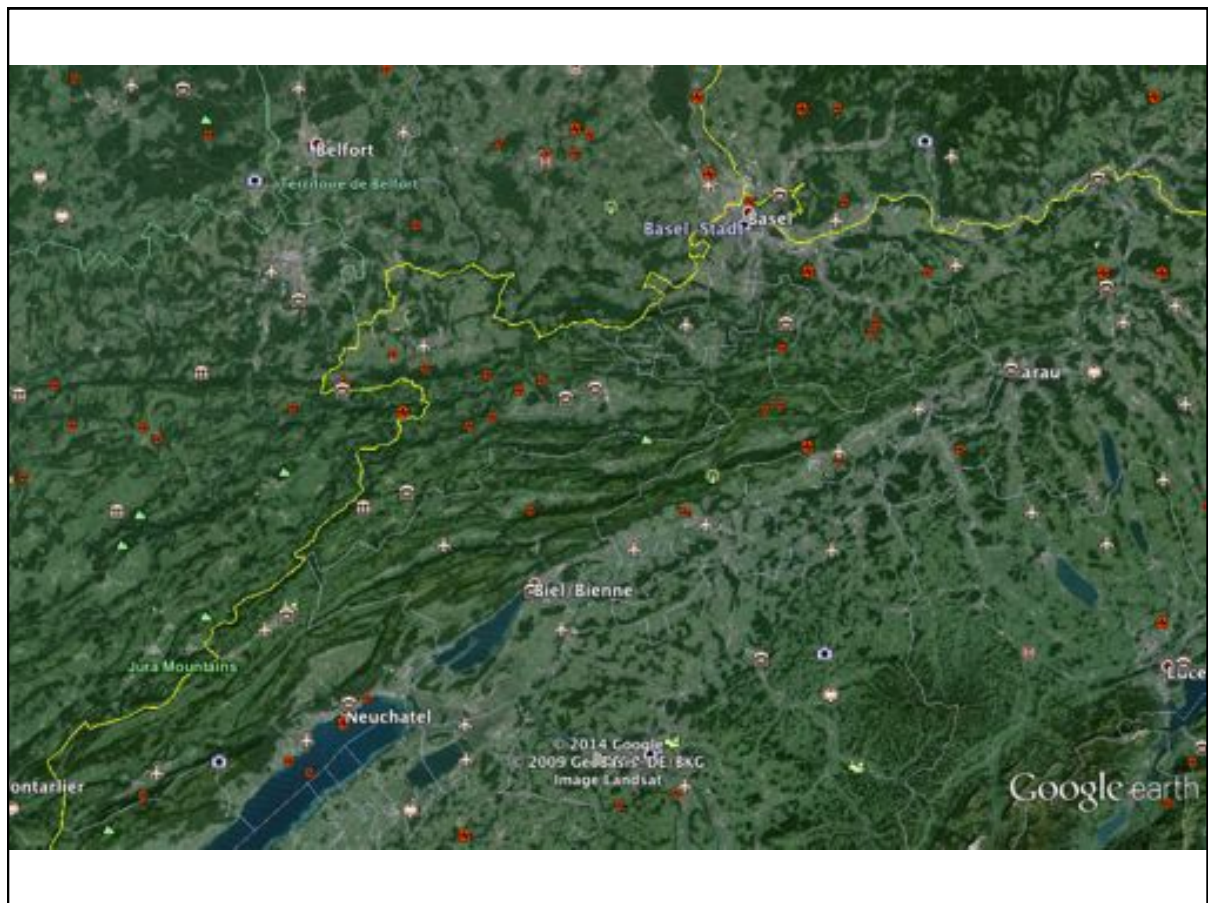
M. Lupi^{1†}, E. H. Saenger², F. Fuchs¹ and S. A. Miller^{1*}



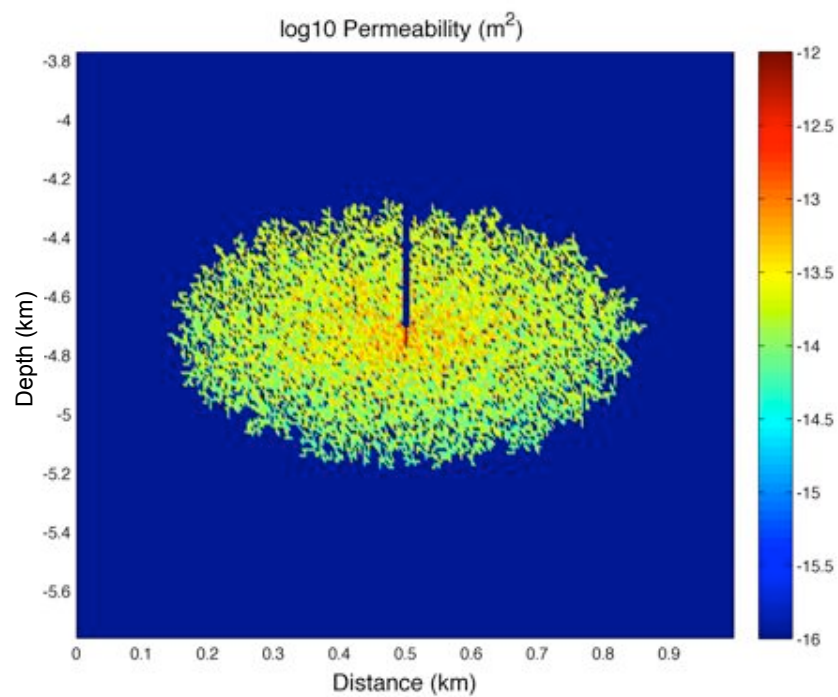






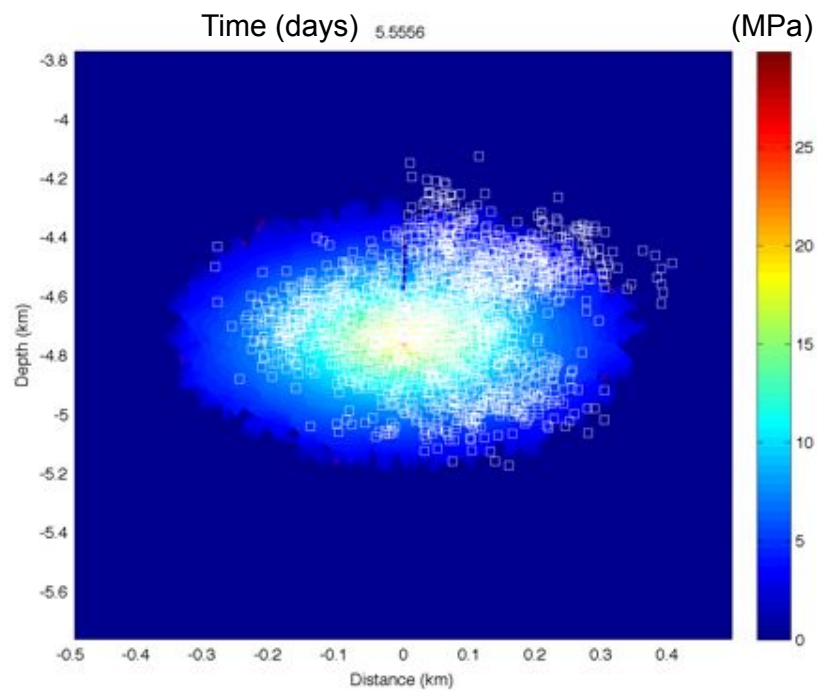


You get a lot using very little (e.g. non-linear diffusion)



Permeability Evolution in Basel Simulation

Miller, *Geofluids*, 2014

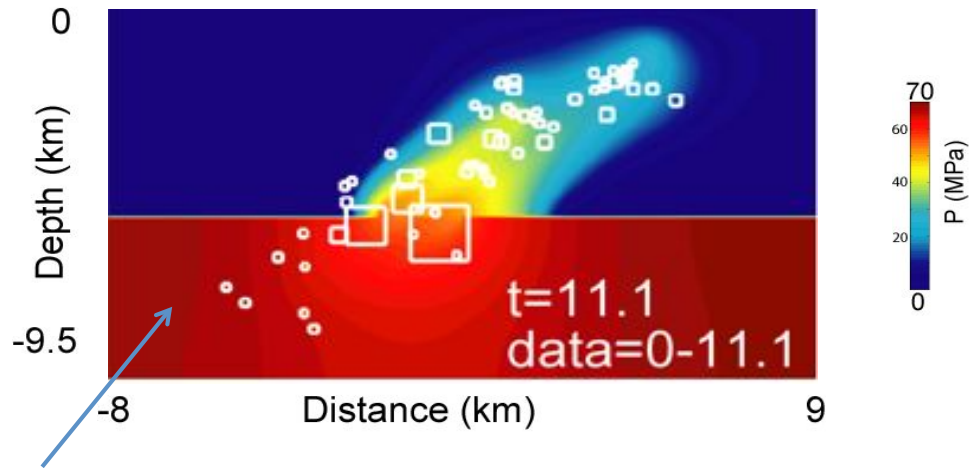


Fluid Pressure Evolution and Observed Hypocenters in Basel

Miller, *Geofluids*, 2014

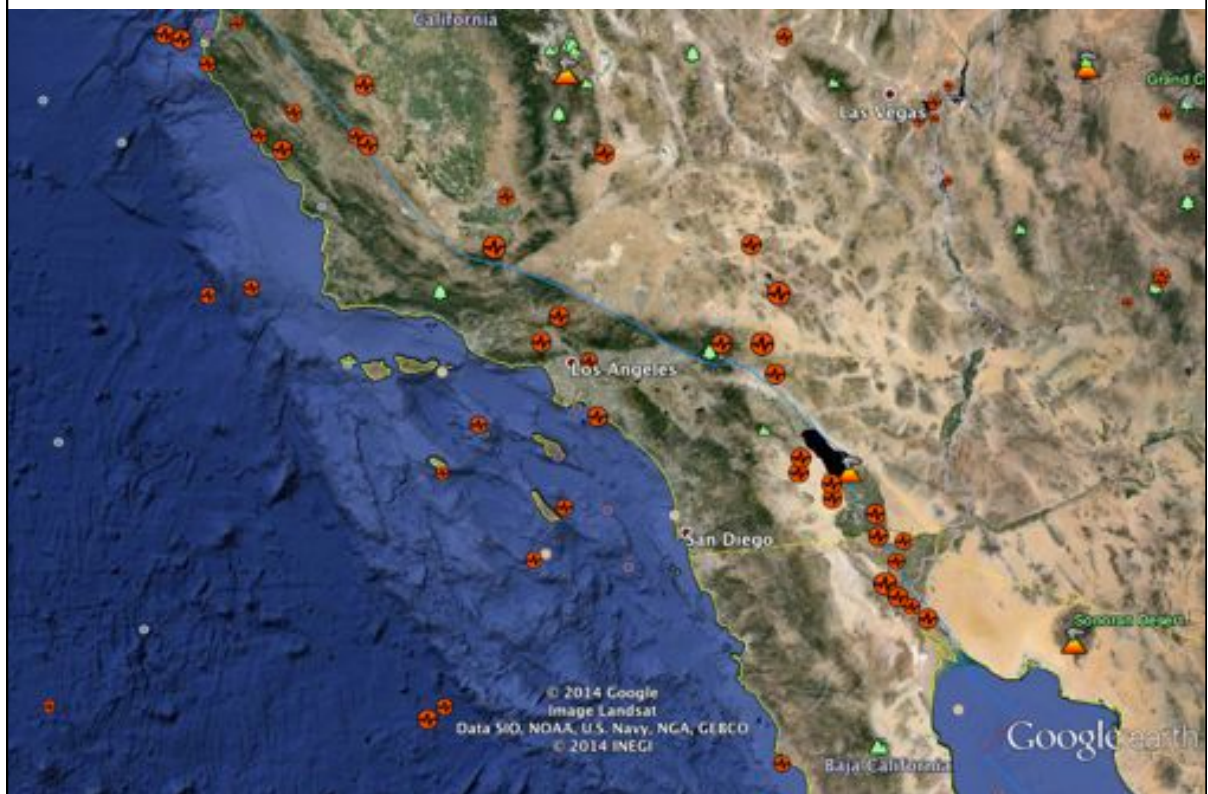


Comparison of Aftershocks and Evolved Fluid Pressure Field

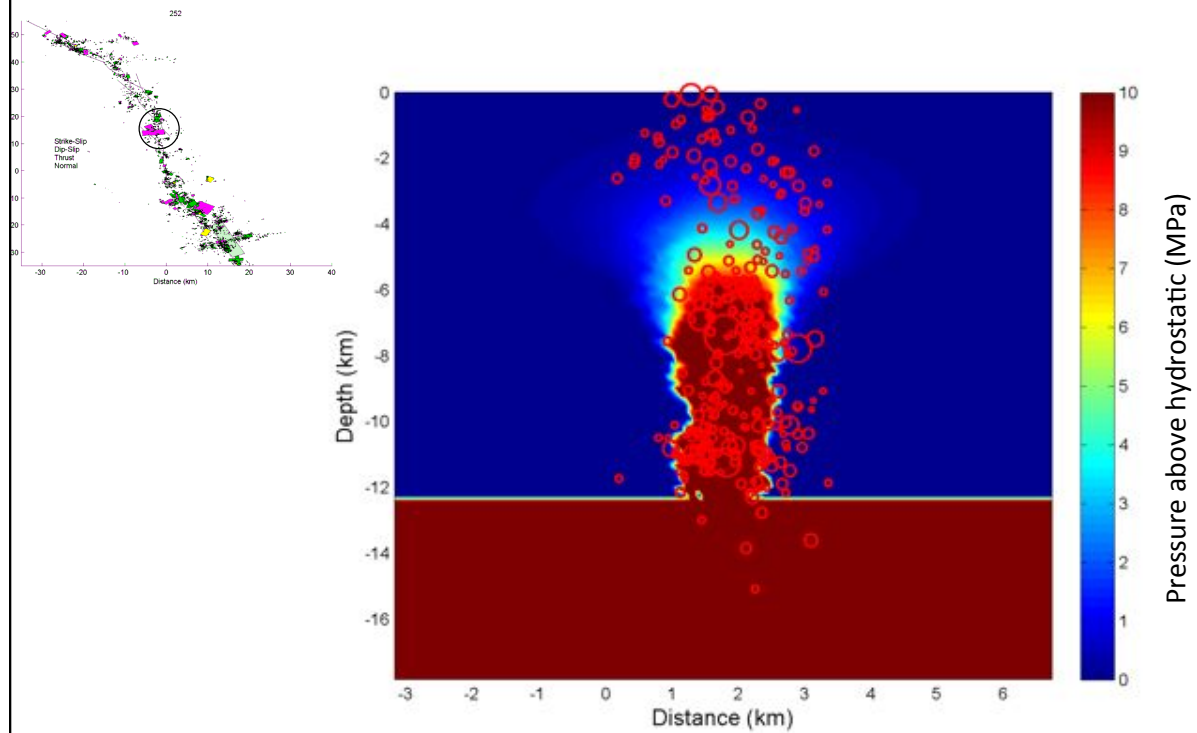


High Pressure CO2 in the Source Region

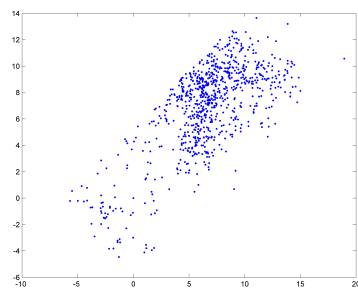
Miller et. al., Nature, 2004



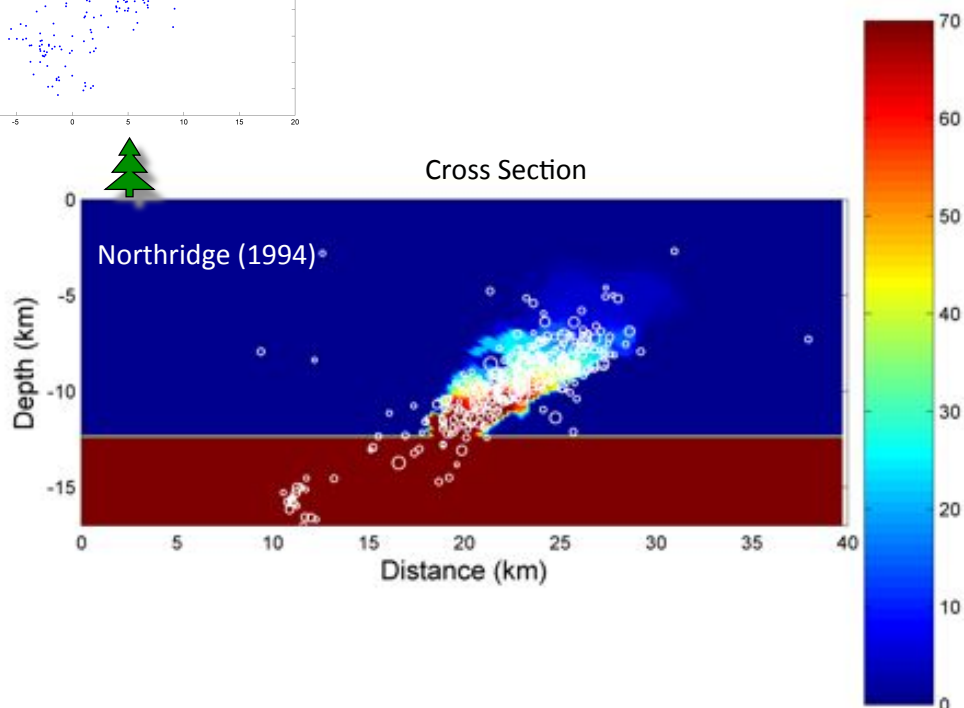
Comparison of evolved fluid pressure and measured hypocenters, Landers, CA.

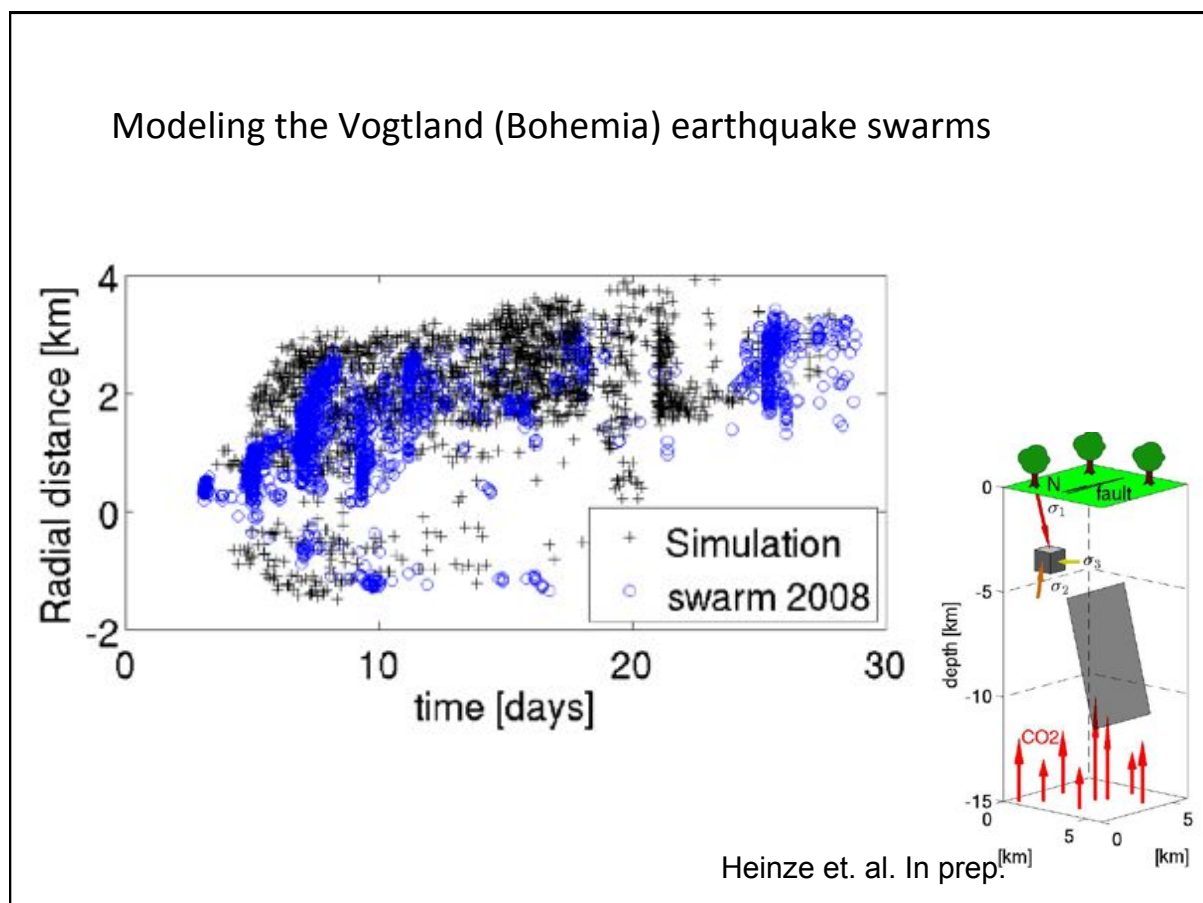
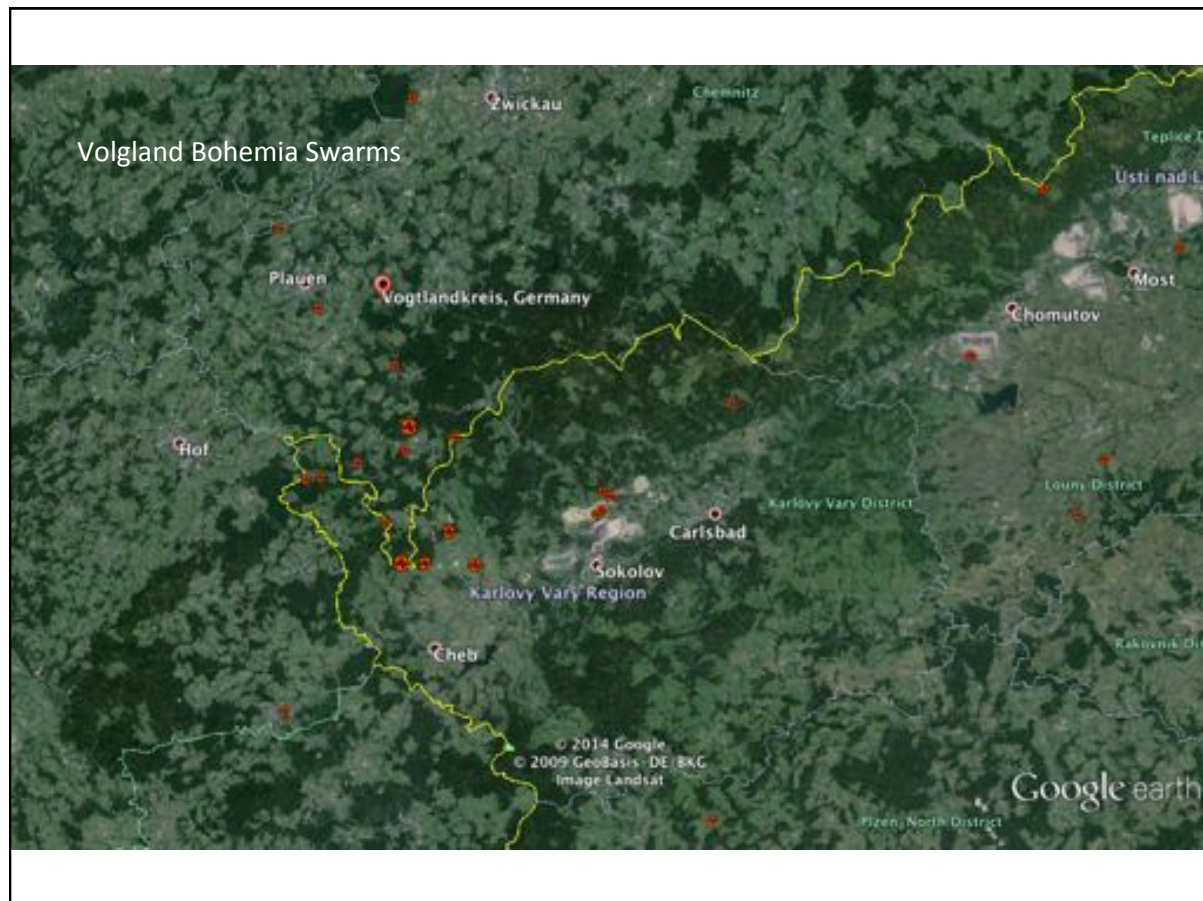


Map View M6.7 Northridge Earthquake, 1994 (Thrust faulting)

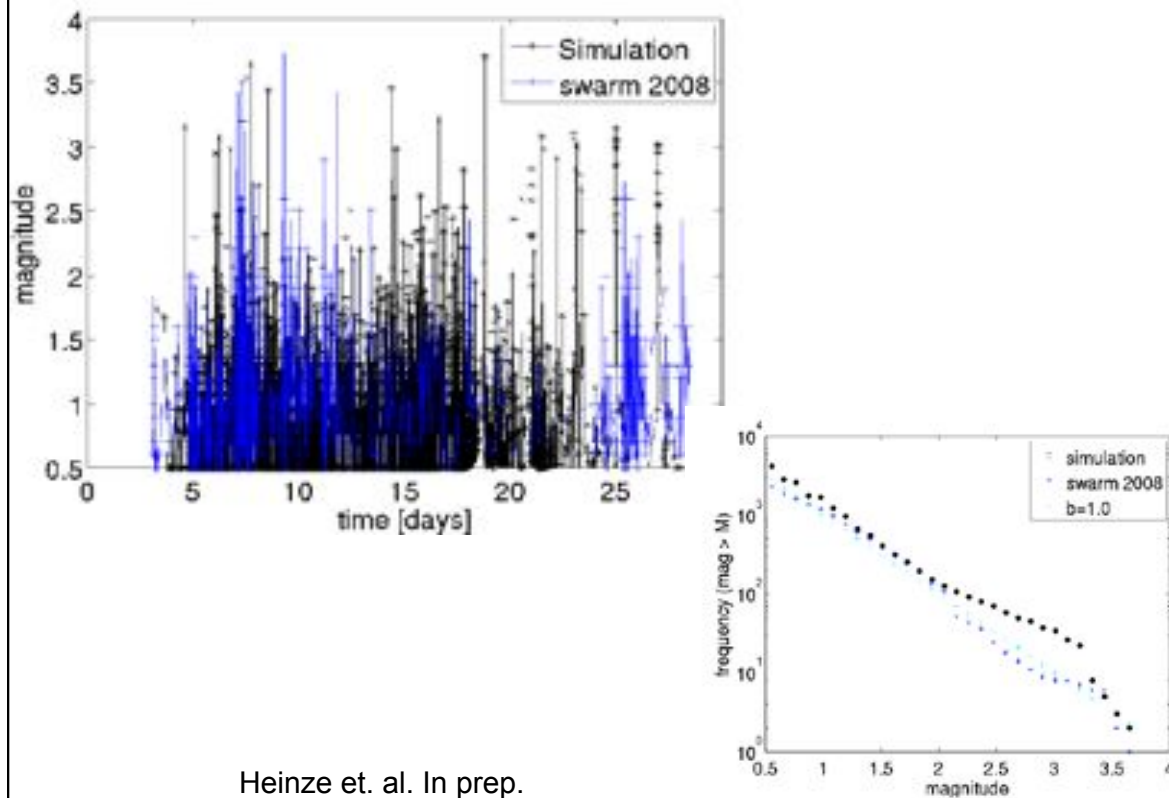


Cross Section



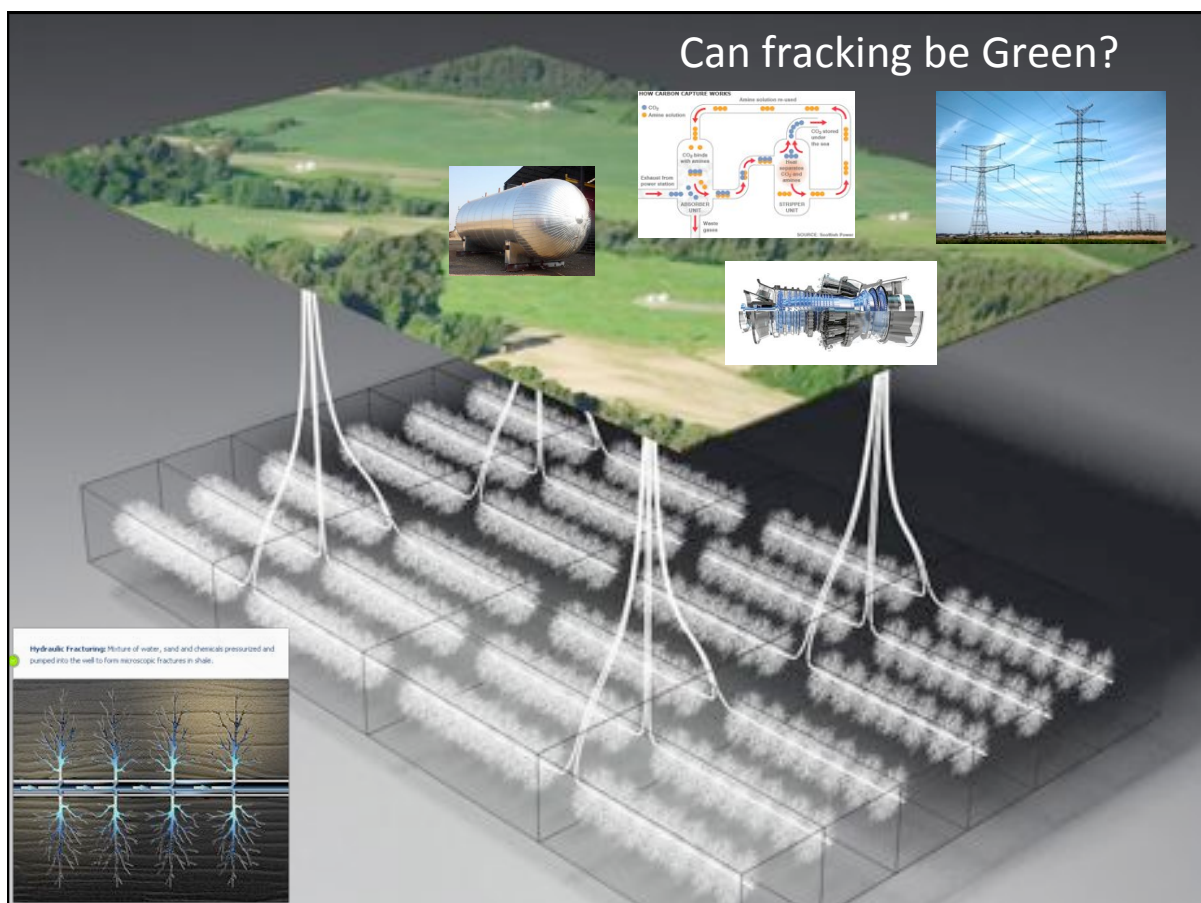


Modeling the Vogtland (Bohemia) earthquake swarms

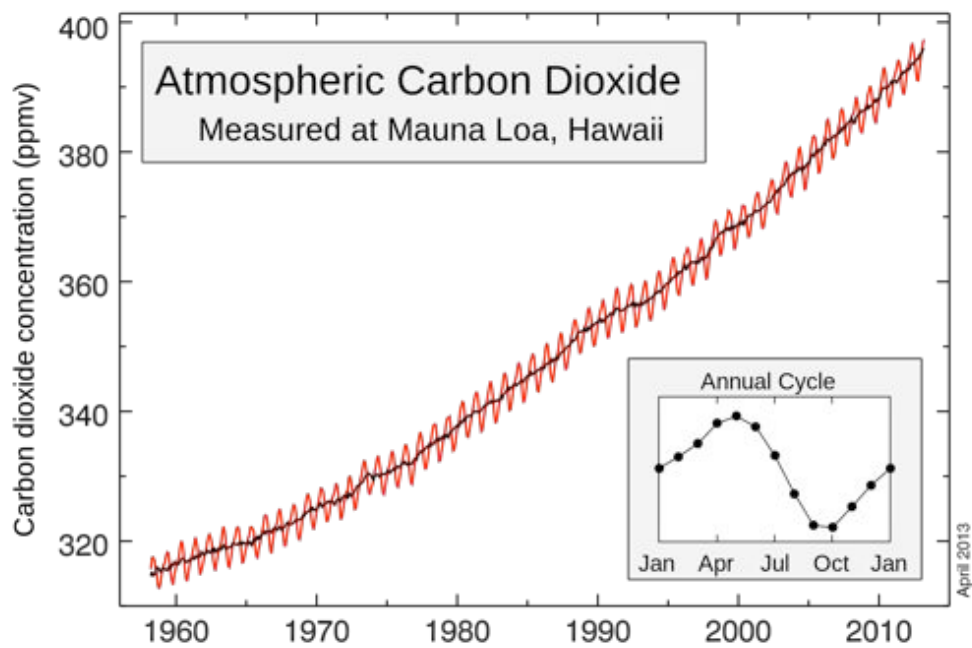


Heinze et. al. In prep.

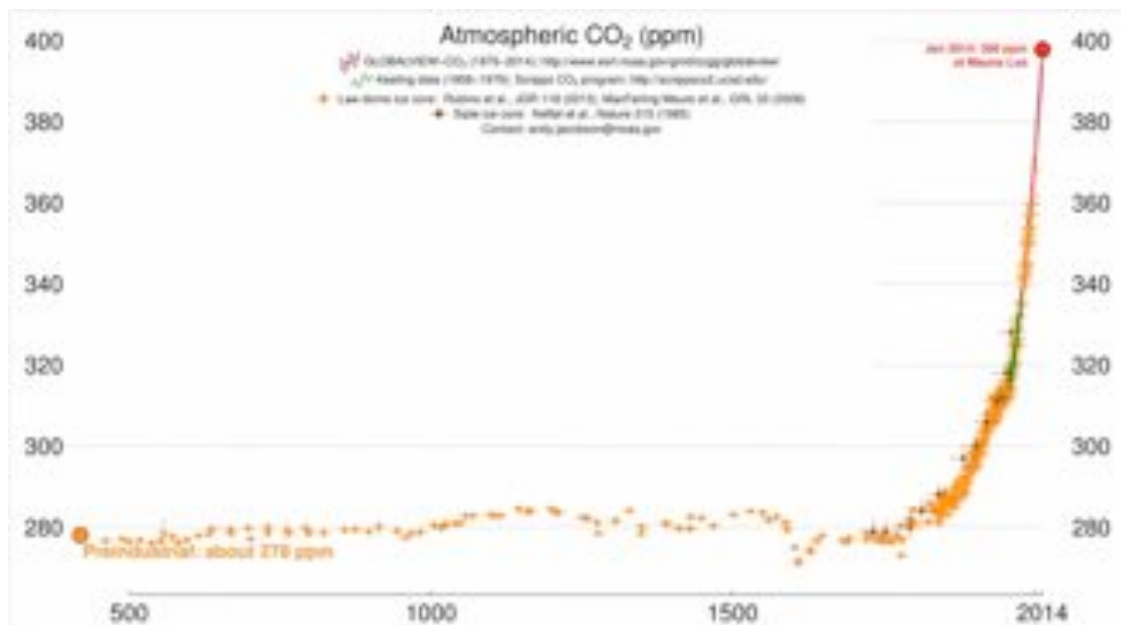
Can fracking be Green?



Because something needs to be done.



...and quickly.



The advantage of natural gas (CH₄)

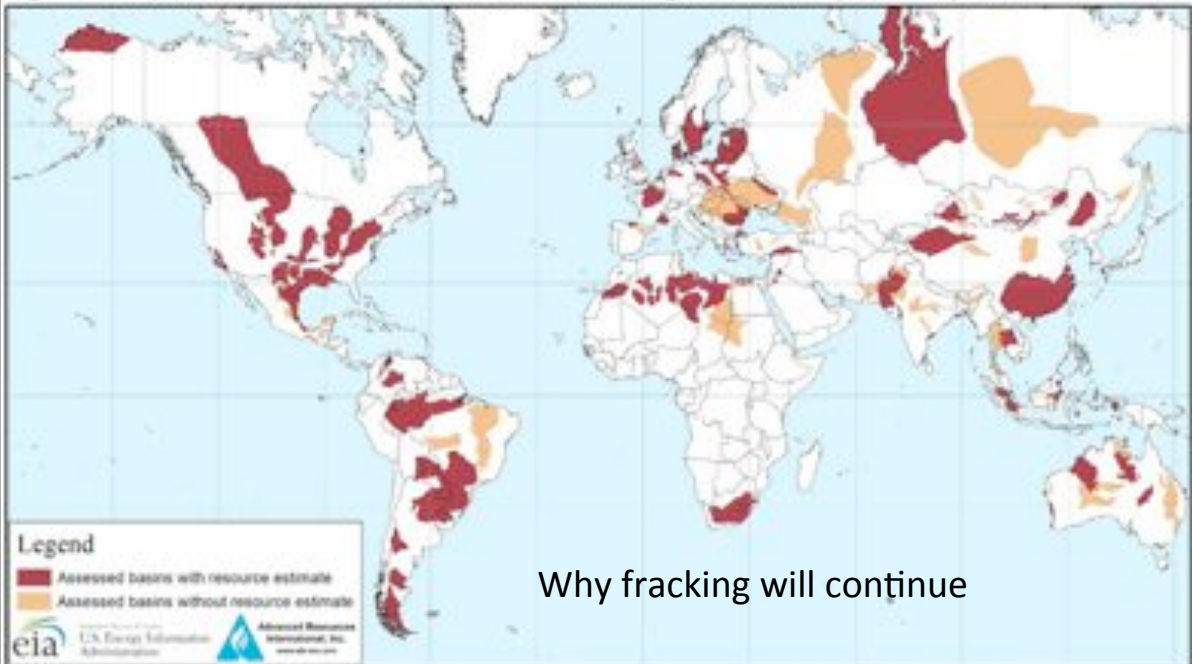
Pounds of CO₂/10⁹ J of energy

Coal (anthracite)	228.6
Coal (bituminous)	205.7
Coal (lignite)	215.4
Coal (subbituminous)	214.3
Diesel fuel & heating oil	161.3
Gasoline	157.2
Propane	139.0
Natural gas	117.0

Pounds of CO₂/10⁹ J of energy

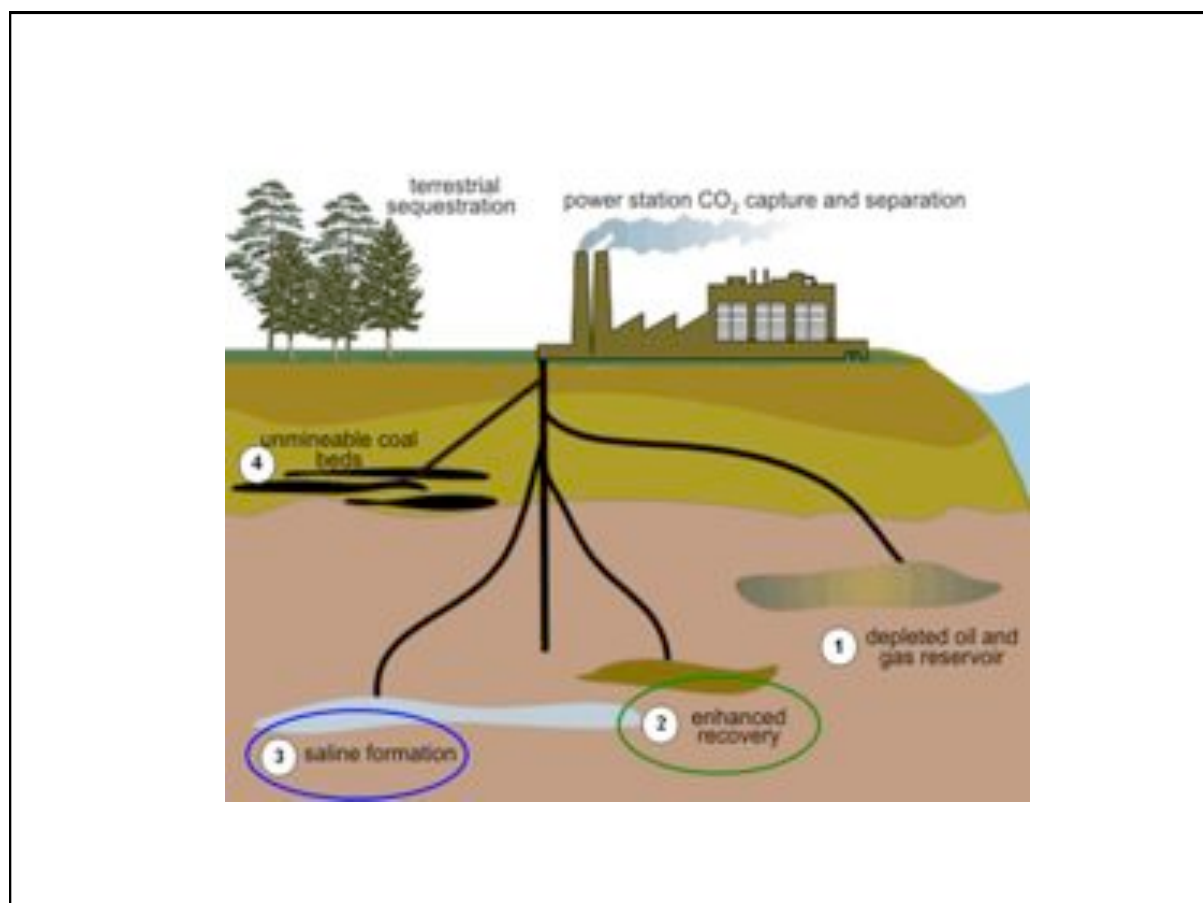
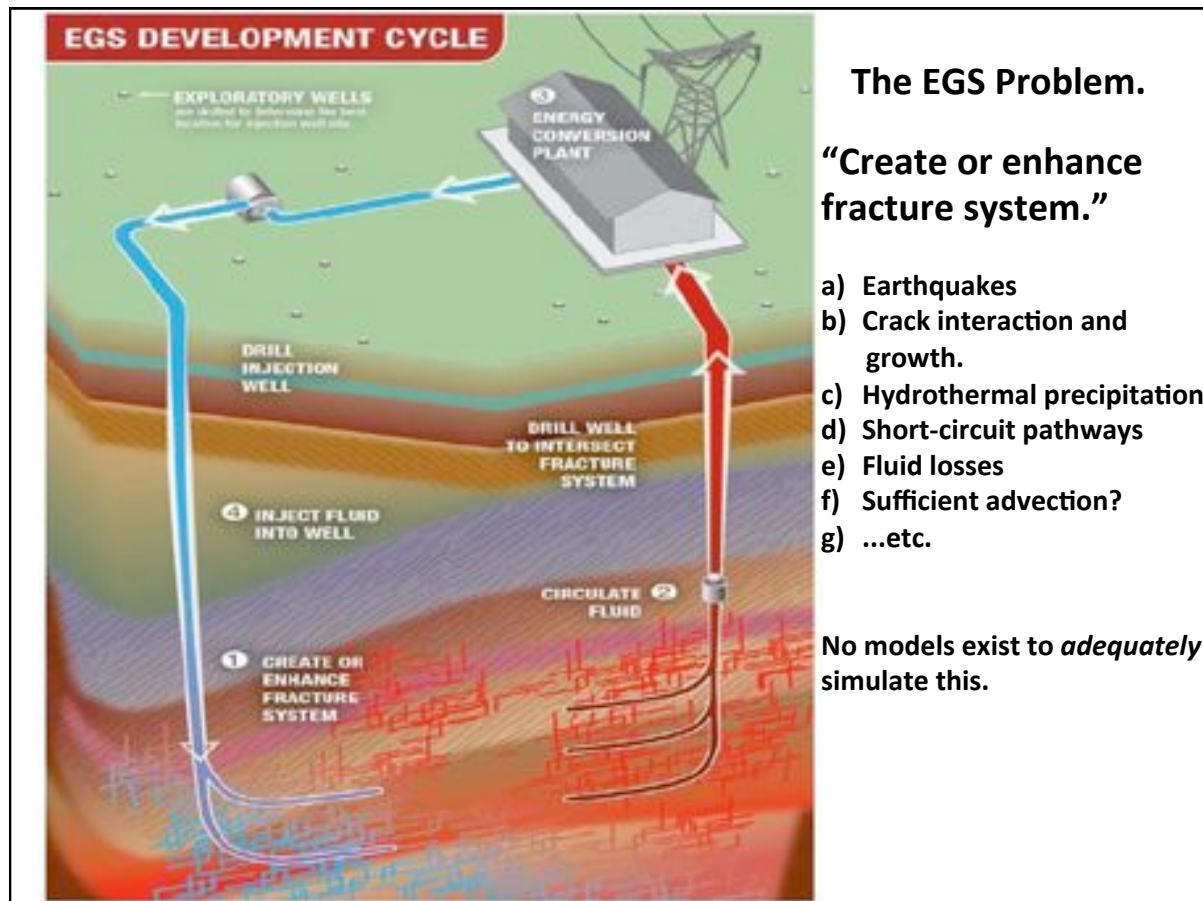
Coal (anthracite)	228.6
Coal (bituminous)	205.7
Coal (lignite)	215.4
Coal (subbituminous)	214.3
Diesel fuel & heating oil	161.3
Gasoline	157.2
Propane	139.0
Natural gas	117.0

Figure 1. Map of basins with assessed shale oil and shale gas formations, as of May 2013

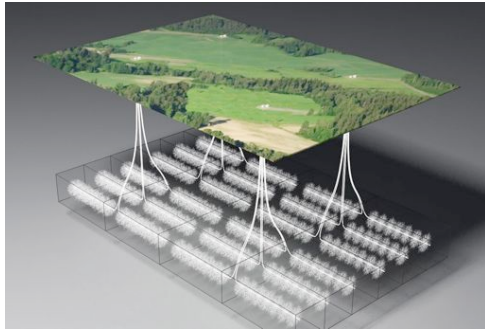


Why fracking will continue

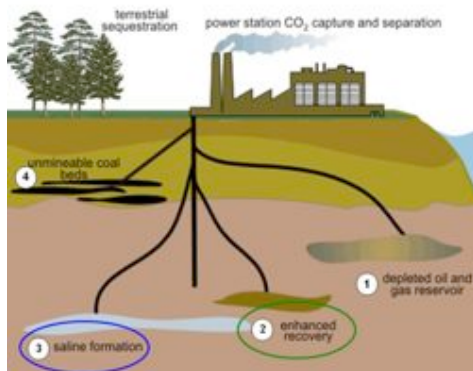
Source: United States basins from U.S. Energy Information Administration and United States Geological Survey; other basins from ARI based on data from various published studies.



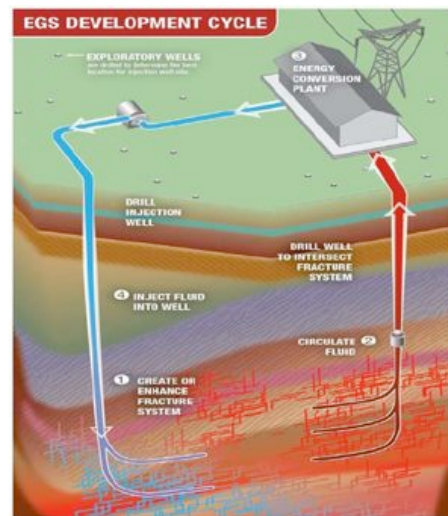
Fracking



CO2 sequestration



Enhanced Geothermal



Physics are the same (or very similar)

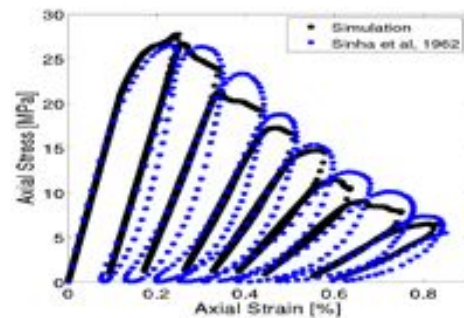
Physics

	Heat Transport (T)	Fluid Flow (H)	Mechanical (M)	Chemical Reactions (C)
EGS	✓	✓	✓	✓
Fracking	✓	✓	✓	✓
CO ₂ Sequestration	✓	✓	✓	✓

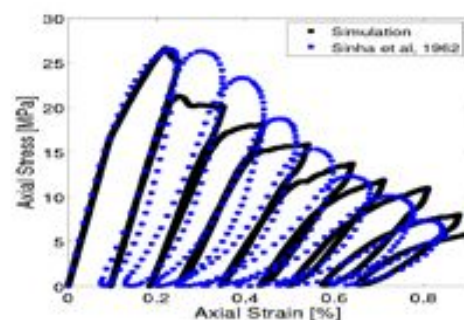
Hyperplasticity: Thomas Heinze and Boris Galvan

- Multidimensional yield function
- As many different yield functions and flow rules as internal variables in the model e.g. yield function for stresses and yield function for damage
- Model must fulfill thermodynamics!

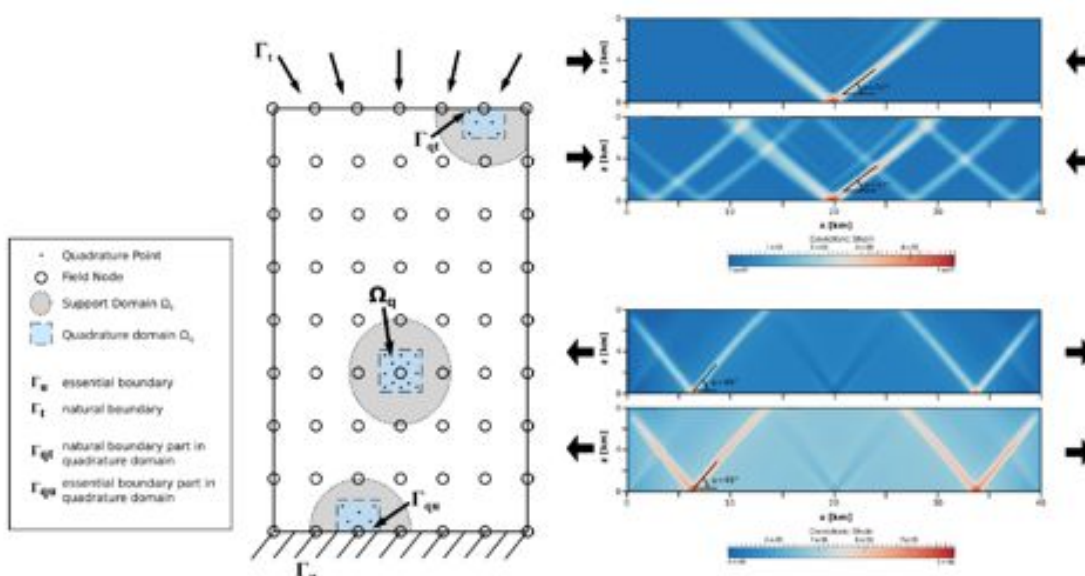
Hardening + weakening + damage



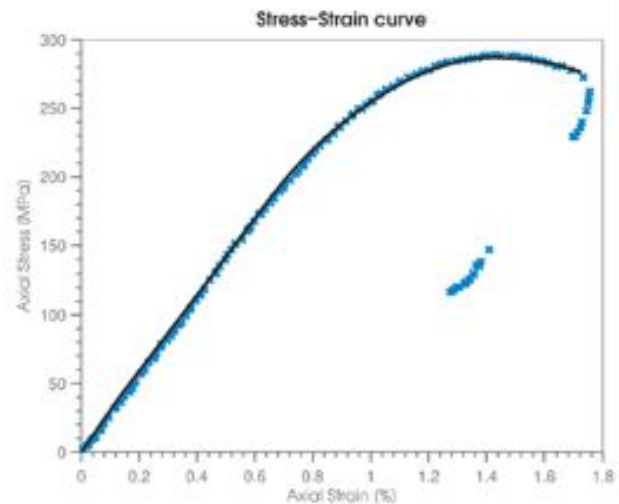
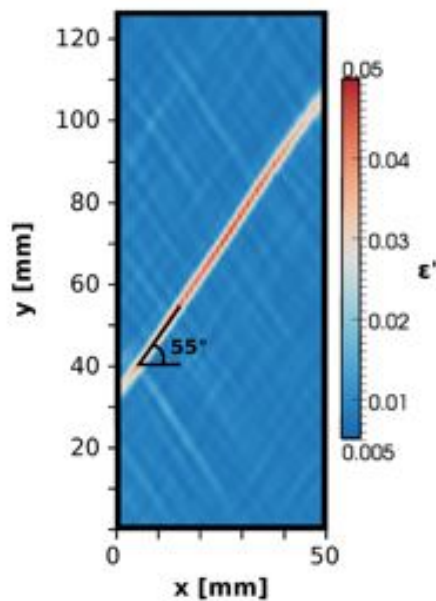
Hyperplastic model



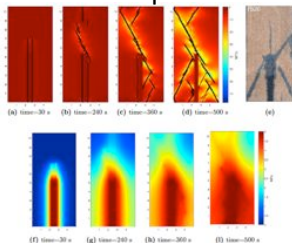
Mesh free methods + hardening: Gunnar Jansen



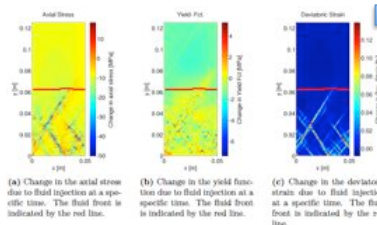
Mesh free methods: validation



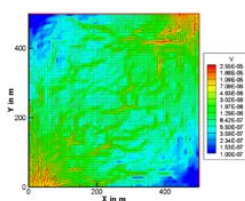
Pore-elastic plastic rheology coupled to non-linear diffusion



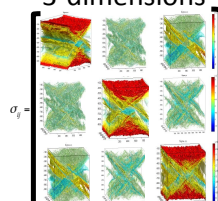
Hardening-softening and Damage



Fluid-Rock coupling heat transfer



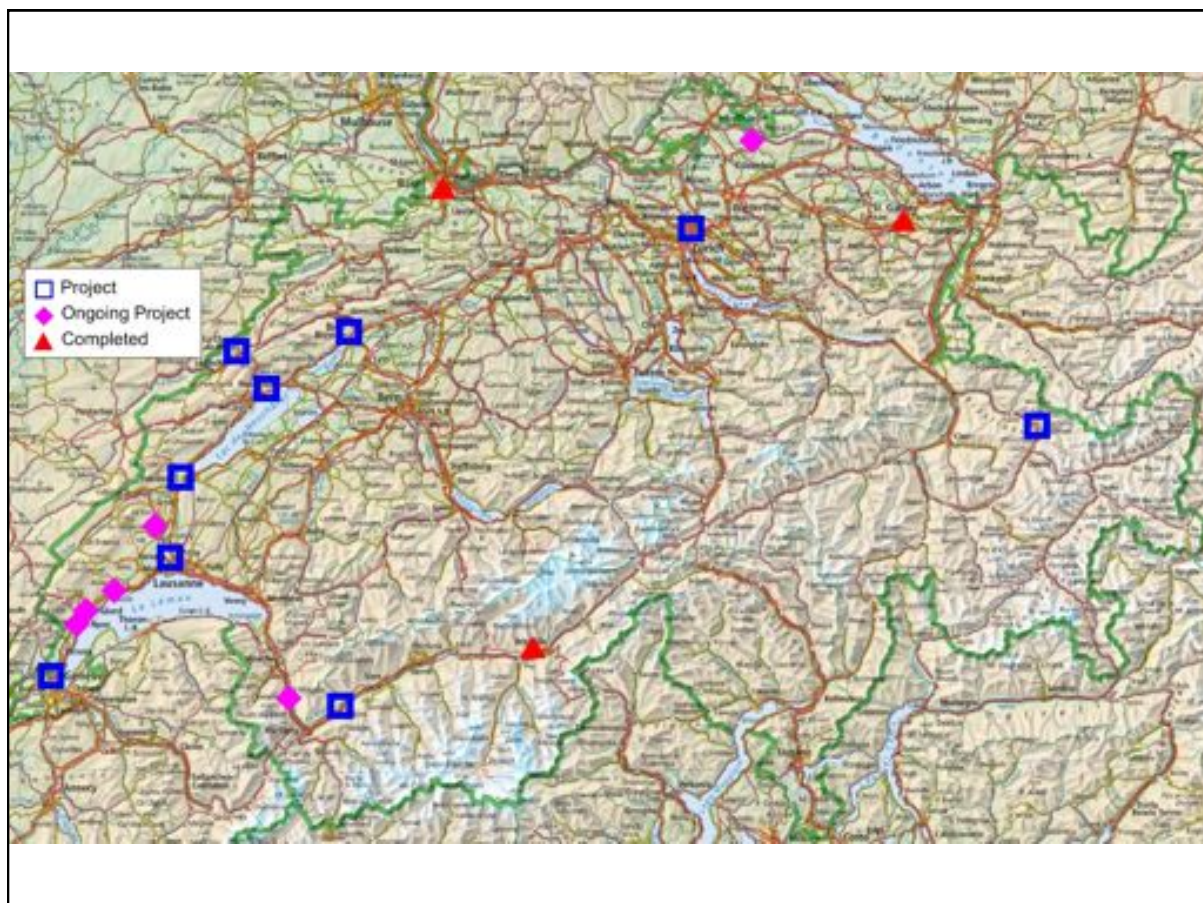
3-dimensions



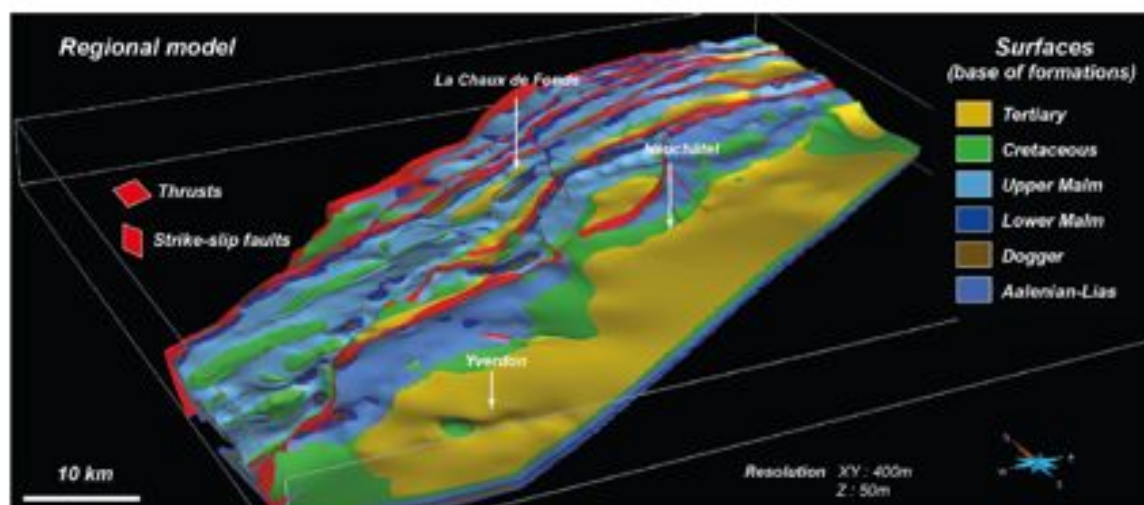
GPU or GPU-MIC hybrid cluster at UNINE



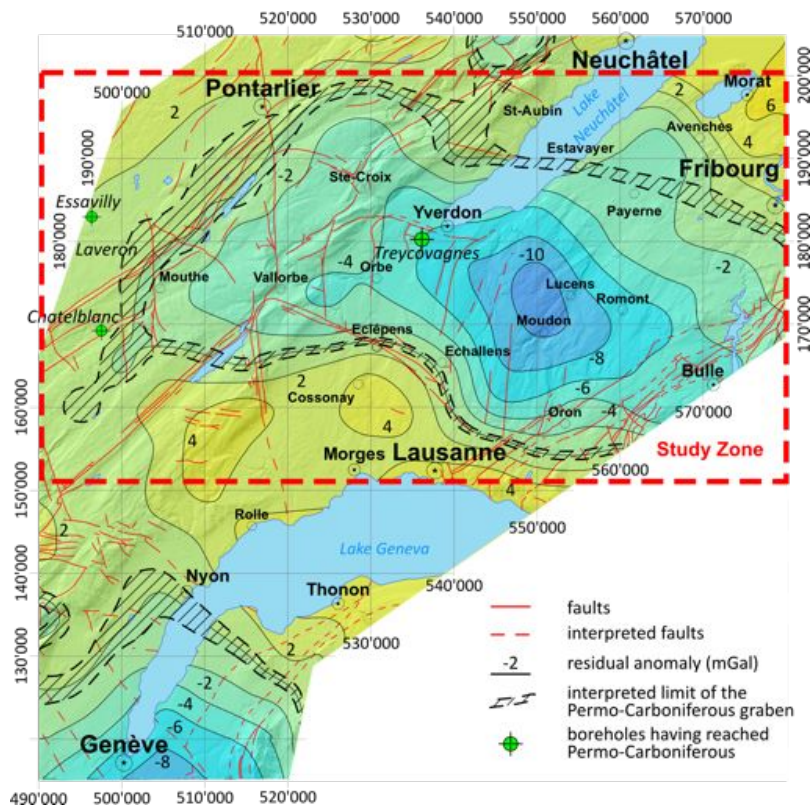
2-phase flow
Thermo-elasticity
Saturated/unsaturated
EOS for CO₂
Reactive transport



Regional hydrogeological modelling of the central Jura in the area of Neuchâtel

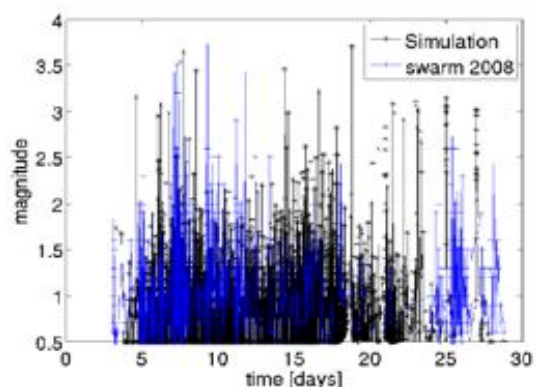


François Negro, Jaouher Kerrou



“Tools for the future of geothermal energy”

- **Mechanistic** seismic hazard assessment
- Understanding fluid-driven seismicity
 1. La Reunion
 2. Basel
 3. Natural aftershock sequences and flow pathways at depth.
- Investigating complex hydrothermal systems in sedimentary basins (e.g. Lusi)
- Higher resolution geophysical measurements (e.g. microgravity, microseismicity, MT, etc.) to constrain 3D geological models for numerical simulations.



High-resolution, fast, sophisticated numerical models that include all of the appropriate (and necessary) physics.



www.daldrup.eu

Journée romande de la géothermie 2014 Outils pour l'avenir de la géothermie

Innovations dans les techniques de forages

Frederik Fuchs, M.Sc. Geologue

Directeur de la filiale suisse de Daldrup Bohrtechnik AG

GÉOTHERMIE.CH

Innovation, c'est prendre des risques



Managing Product Development Risk



(KenMillerGroup, www.kenmillergroup.com)

Exposé



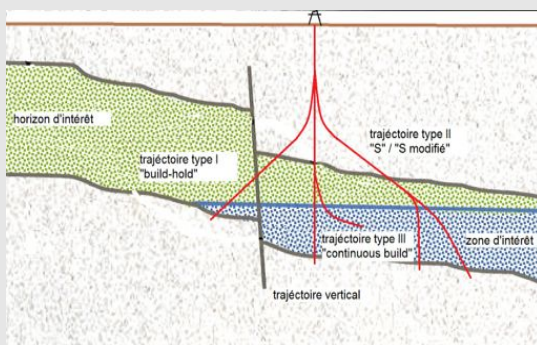
- 1 Principes des forages déviés
- 2 Planification et conception
- 3 Réalisation et contrôle
- 4 Perturbations fréquentes
- 5 Innovations dans les techniques de forages (la boule de cristal)
- 6 Discussion

1 Principes des forages déviés



■ Le but d'un forage dévié?

- ➔ Choisir librement son point initial
- ➔ optimiser les coûts des installations et infrastructures
- ➔ réduire l'impact écologique (foot-print)



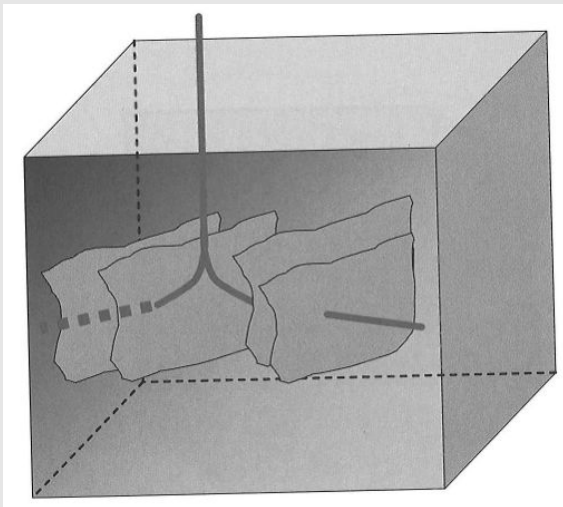
Types de trajectoire de forage

(après Hill, Zhu, Economides 2008)

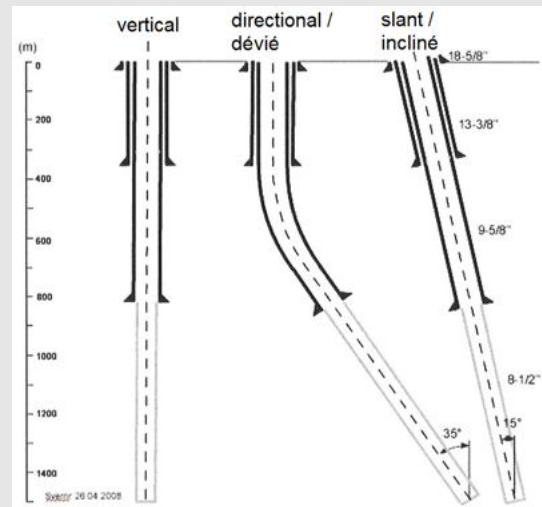
■ Le but d'un forage (sub-)horizontal?

- ➔ optimiser le rapport $L_{\text{prod}}/L_{\text{tot}}$
- ➔ optimiser l'orientation du forage en relation des fracs naturels
- ➔ possibilité d'une géométrie multi-latérale, voir plusieurs puits de production/d'injection

1 Principes des forages déviés



Geométrie duale-latérale dans une formation fracturisée



Trajectoire de forage vertical et dévié

(Island Geosurvey 2012)

2 Planification et conception

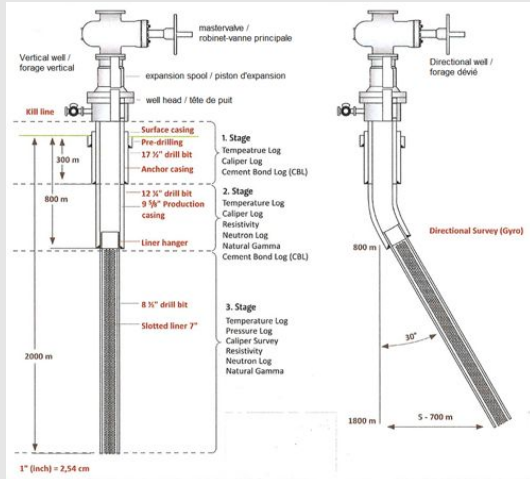


- Quel est le but du forage?
 - ➔ Forage d'exploration („proof of concept“) ou forage de production?
- Les données de base
 - ➔ localité en surface, logistique, accès, sécurité, émissions etc.
 - ➔ Caractéristiques de la couche avisée et des couches à forer (géologie, régime de tensions, hydrogéologie, rendement géothermiques, géochimie etc.)
 - ➔ rentabilité
- Evaluation des moyens, calculs de rentabilité
- Conception finale et réalisation
- Contrôle et supervision

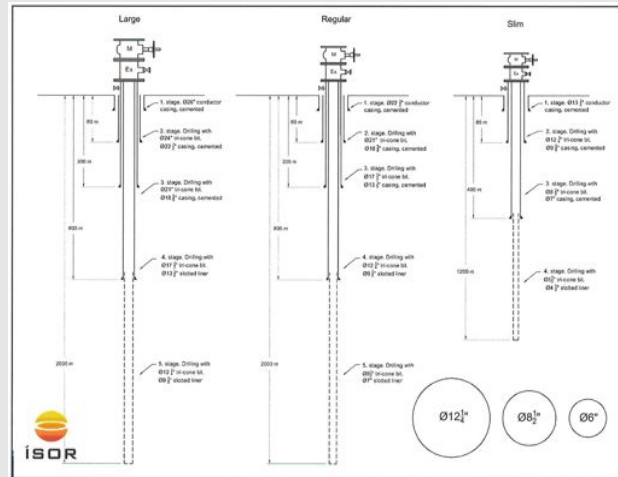
2 Planification et conception



■ Par exemple: la trajectoire et les diamètres



(Island Geosurvey 2012)



Copyright – Daldrup Bohrtechnik AG – 11/2014

Journée romande de la géothermie 2014

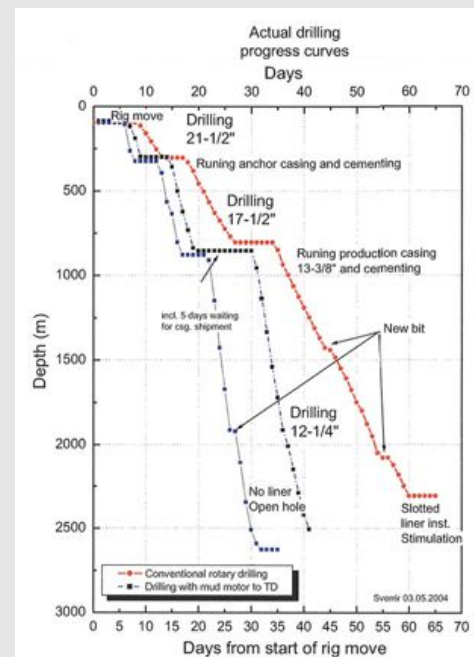
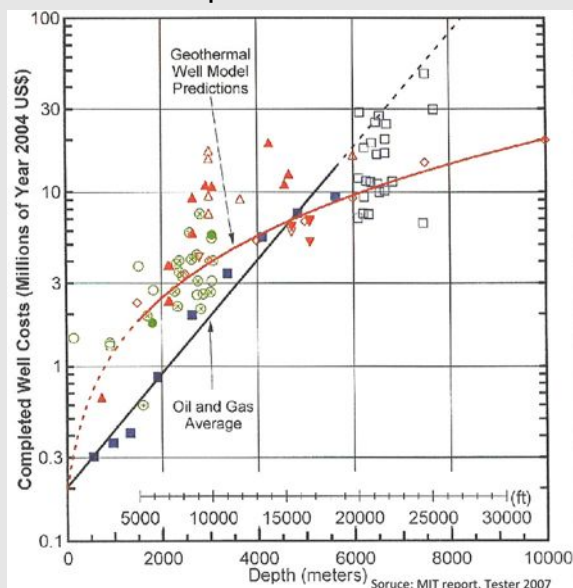
GÉOTHERMIE.CH

- 7 -

2 Planification et conception



■ Par exemple: les coûts



Copyright – Daldrup Bohrtechnik AG – 11/2014

Journée romande de la géothermie 2014

GÉOTHERMIE.CH

- 8 -

Forages à
moins de
1.000 m



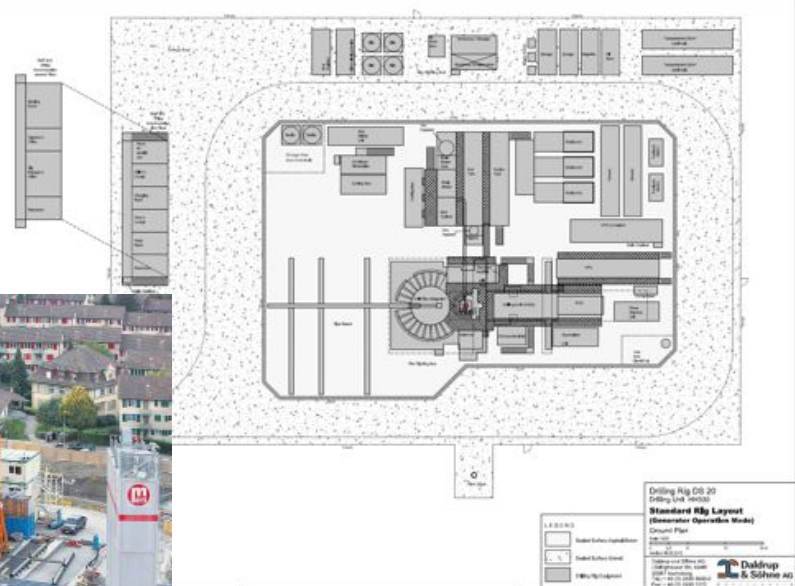
à gogo

- 9 -

GÉOTHERMIE.CH



(source: Tagesanzeiger.ch)



- 10 -

GÉOTHERMIE.CH

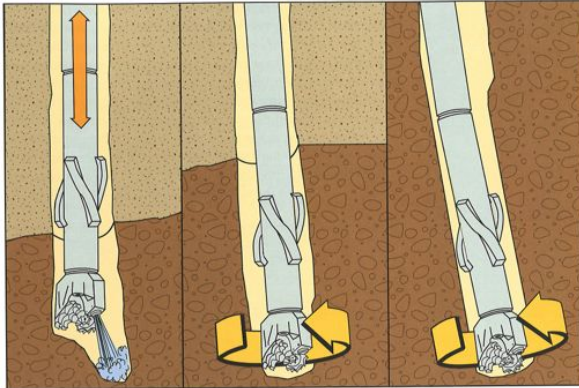


3 Réalisation et contrôle

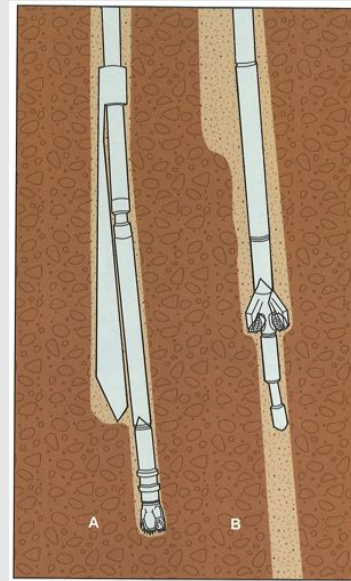


■ Forages déviés

- ➔ à injection („jet“)
- ➔ avec coin de déviation („whipstock“)



(Vieira J.L. 2009)



Copyright – Daldrup Bohrtechnik AG – 11/2014

Journée romande de la géothermie 2014

GÉOTHERMIE.CH

- 11 -

3 Réalisation et contrôle



■ Programme de boue (composition, additifs, maniement etc.)

- ➔ le but d'un programme de boue optimal *serait* de créer un medium de transport optimisé à tous déblais de forage et adapté à la géologie/hydrogéologie tout au long de la trajectoire

- ➔ Composition typique:

API-grade-Bentonit (>60% Montmorillonite) 50-90 kgm⁻³

pH = 8.0 – 9.5 dH°9-12

V_{marsh} = 40-60 sec/quarter

phénomène	intervention
pH > 9.5	Supplément en acide citrique
pH < 7	Supplément en Na ₂ CO ₃ („Soda Ash“) ou en CaOH ₂
Perte de boue	Enfermement du trou par supplément d'un additif / gel
Gonflement de la roche	Inhibition par supplément d'un électrolyte
Agglutination du tricône	Dillution par supplément d'un produit fluidificateur
etc.	etc.

Copyright – Daldrup Bohrtechnik AG – 11/2014

Journée romande de la géothermie 2014

GÉOTHERMIE.CH

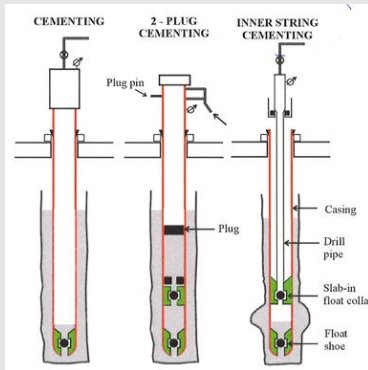
- 12 -

3 Réalisation et contrôle

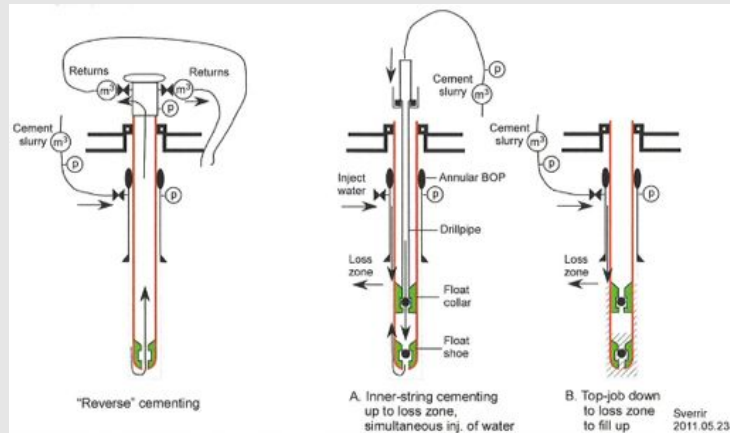


■ Le casing et la cimentation

- ➔ le but serait d'avoir une connexion durcit, résistante à l'épreuve de la pression et surtout intégrale entre le tubage et la formation



(Sverrir Thorhallsson 2011, unpubl.)



4 Perturbations fréquentes



■ Opérations de forage

la colonne s'imbrique dans le trou
und déviation non-contrôlée
cimentation incomplète ou insuffisante
etc.

en général: tous ralentissement

■ Géologie

fractures et pertes de boue
affouillement et déréngement de la circulation de la boue
kicks and blow-outs

en général: tous ralentissement

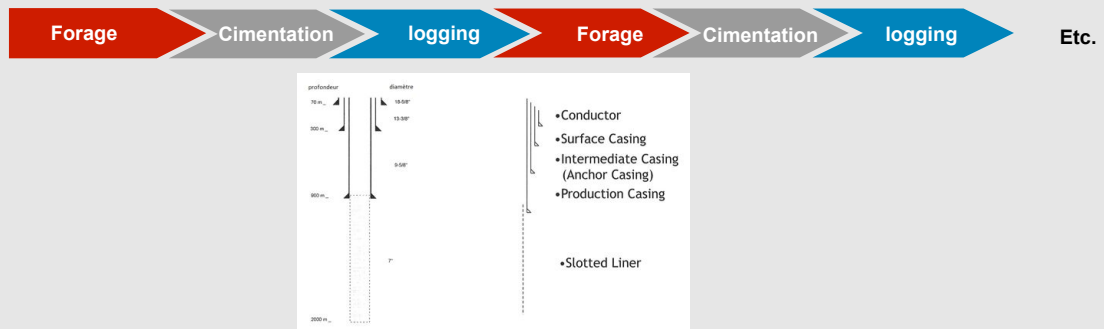
■ Ergo: en général tous ralentissement...



5 Innovations dans les techniques de forage



- Les techniques conventionnelles de forage représentent une suite d'étapes de production
- Chaque étape porte des risques de perturbation spécifiques

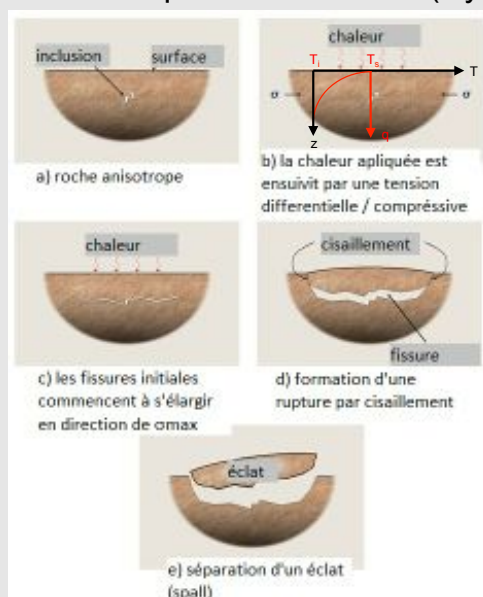


- ➔ L'innovation consisterait d'avoir un avancement du même coup en forage/cimentation/logging et le tout non-abrasive et beaucoup plus rapide qu'aujourd'hui

5 Innovations dans les techniques de forage



- Technique non-abrasive: (Hydro-)Thermal spallation drilling



- ➔ source de chaleur: flamme, laser, micro-ondes, flash électrique (spark)...
- ➔ $T_s - T_1 > 400^\circ\text{C}$
- ➔ $q = 0.5 - 1.5 \text{ MWm}^{-2}$
- ➔ technique de forage non-abrasive
- ➔ économique
- ➔ manutention difficile en cas d'arrivée d'eau et en matière du transport des cuttings

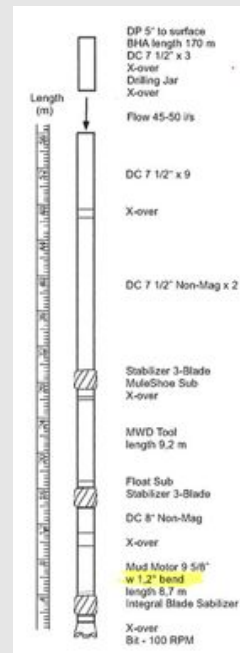
(newenergyandfuel.com et von Rohr et al.)

5 Innovations dans les techniques de forage



■ Contrôle MWD („measure while drilling“)

- ➔ outils dans la colonne pour contrôle de la trajectoire du forage en „real time“
- ➔ position: directement au dessus du „mud moteur“
- ➔ transmission de l'inclination et de l'azimuth via „mud-pulse“



(Sverrir Thorhallson 2011, unpubl.)

5 Innovations dans les techniques de forage



■ Programme de boue amélioré et plus spécifique

- ➔ des mixtures de boue spécifiques et adaptés aux formations
- ➔ des mixtures sans risques pour la santé ou l'environnement

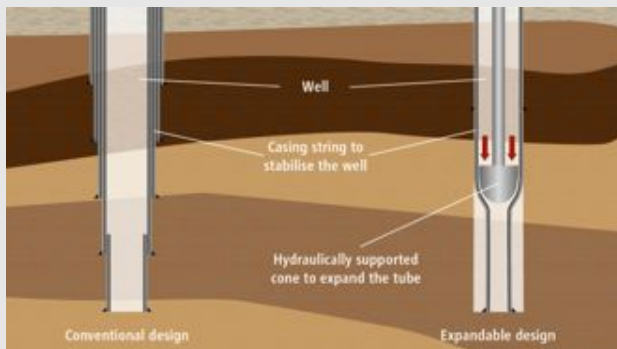
■ Programme de liquide pour hydrofracks amélioré

- ➔ liquides de soutien → matériaux granulaires
- ➔ liquides à demi-vie réduite
- ➔ des mixtures sans risque pour la santé ou l'environnement
- ➔ manutention réglée et contrôlée

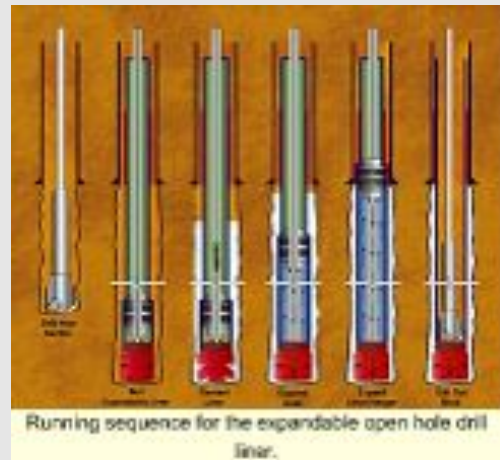
5 Innovations dans les techniques de forage



■ Expandable casing / tubage extensible



(RWE, www.rwe.org)



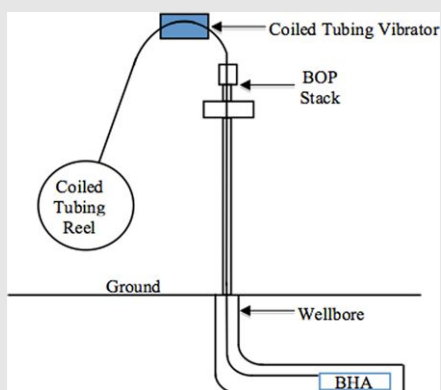
(www.offshore-mag.com)

➔ le tubage n'est pas fixe et s'adapte à la formation. Meilleurs résultats en cimentation.

5 Innovations dans les techniques de forage



■ Coiled tubing drilling (CTD) / „forage à tubage sur bobine“ (?)



(Journal of Energy Ressources Technology Vol. 135)

(Hybrid Coiled tubing drilling rig, Honghua International Ltd.)

➔ vitesse de pénétration augmentée
réduction du foot-print
favorable dans des milieux connus et bien contrôlé



Merci à toutes et à tous !

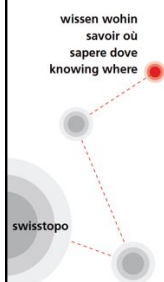
Glück auf !

Daldrup (Bohrtechnik) AG

Lindenstrasse 16
6341 Baar

Fon +41 (0)79 339 94 71
Fax +49 (0) 2593 7270

f.fuchs@daldrup.eu
www.daldrup.eu



Données géologiques de swisstopo Servez-vous !

Olivier Lateltin, Service géologique national

Agenda



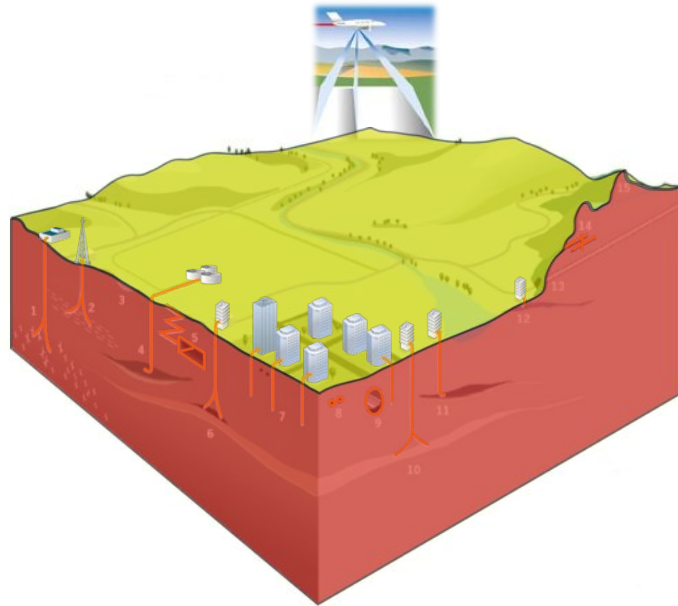
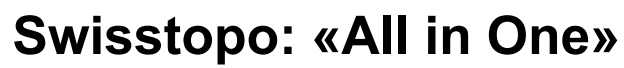
swisstopo/géologie

Les forages

De l'atlas à GeoCover

La géologie 3D

Les perspectives



- L'atmosphère
- La surface
- Les infrastructures
- Le sous-sol



Office fédéral de topographie swisstopo



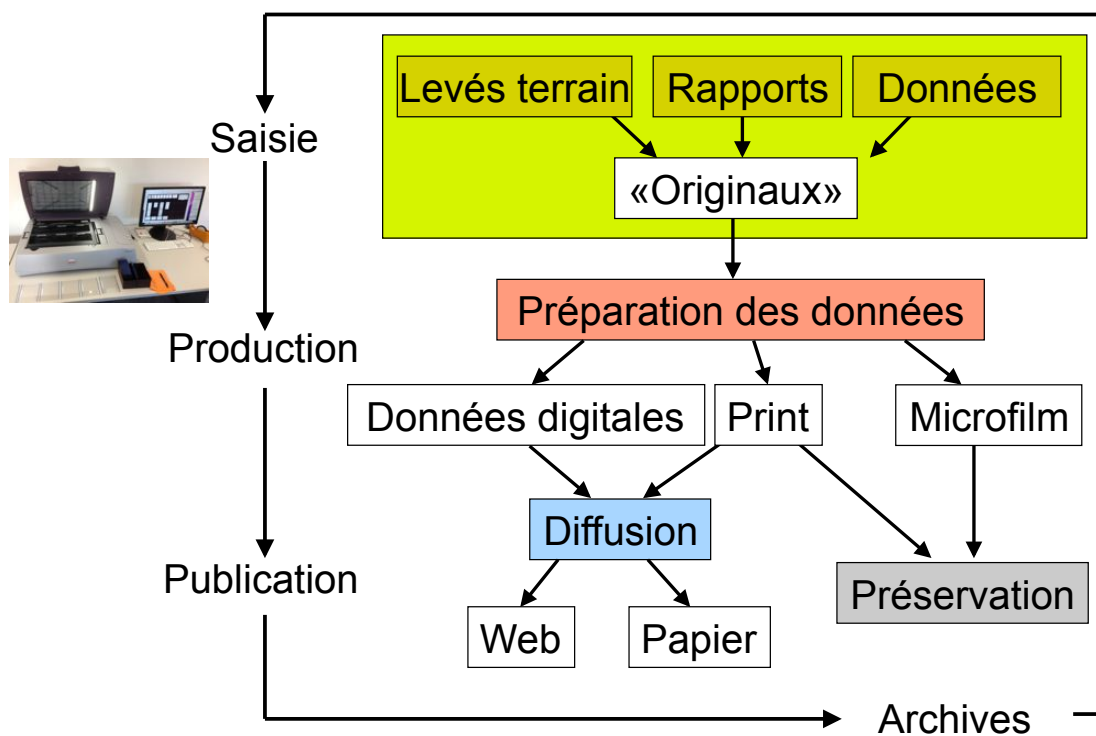
Service géologique national

46 collaborateurs
35 géologues (18 PhD)



Stockage des carottes de forages à Hochdorf/LU

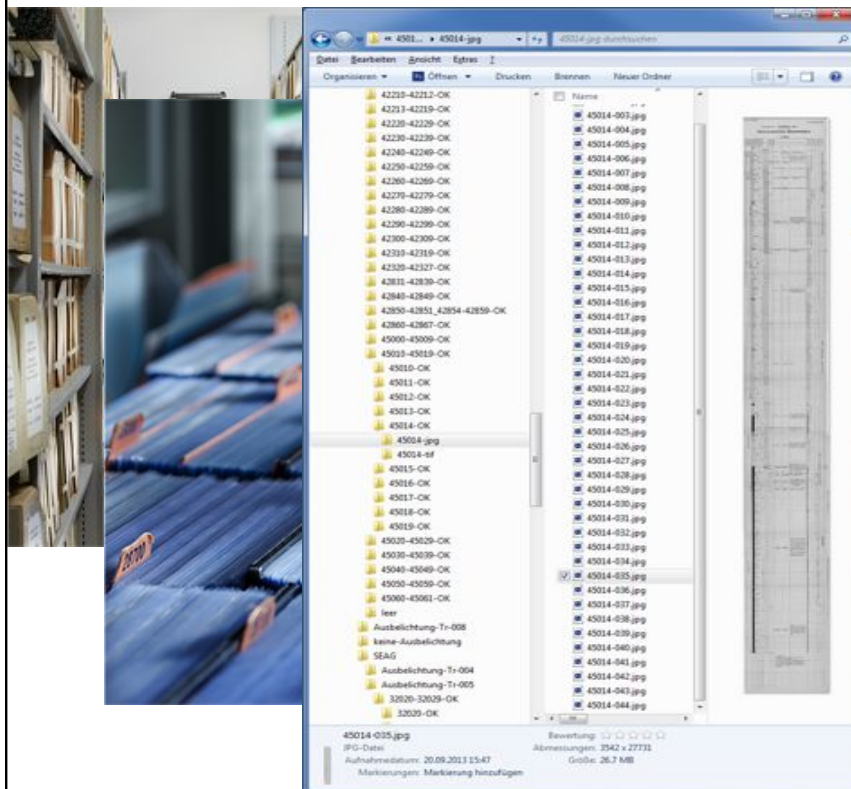
Le bâtiment



Centre d'informations géologiques



Disponibilité à long terme



Documents papier

Microfiches

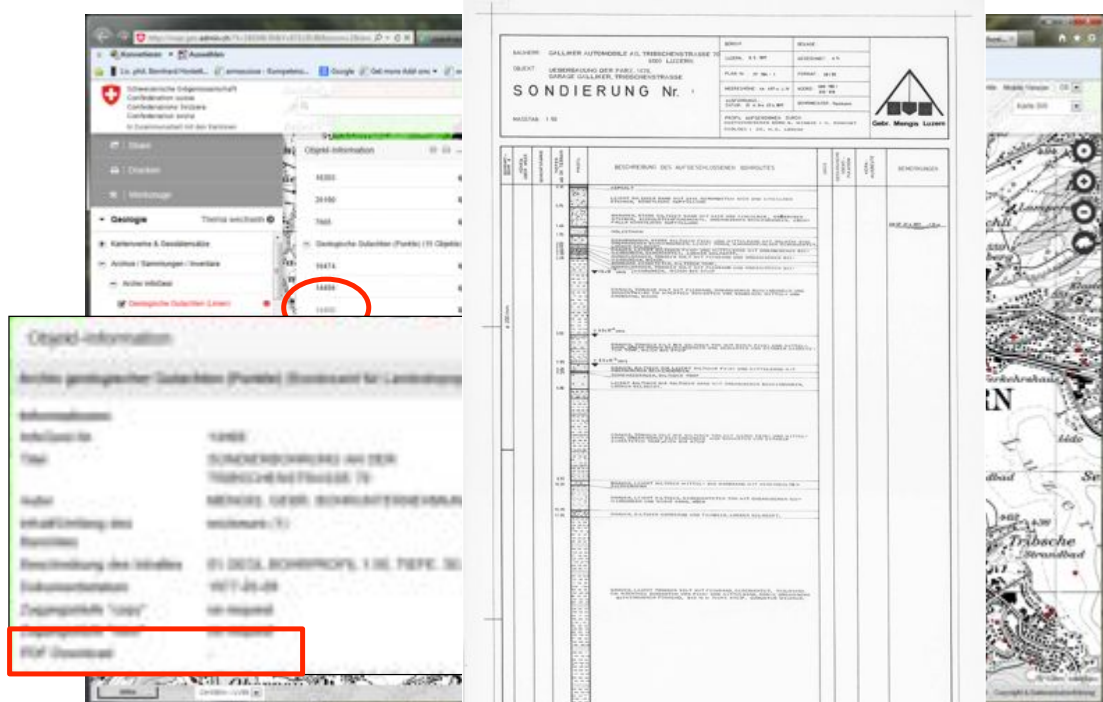
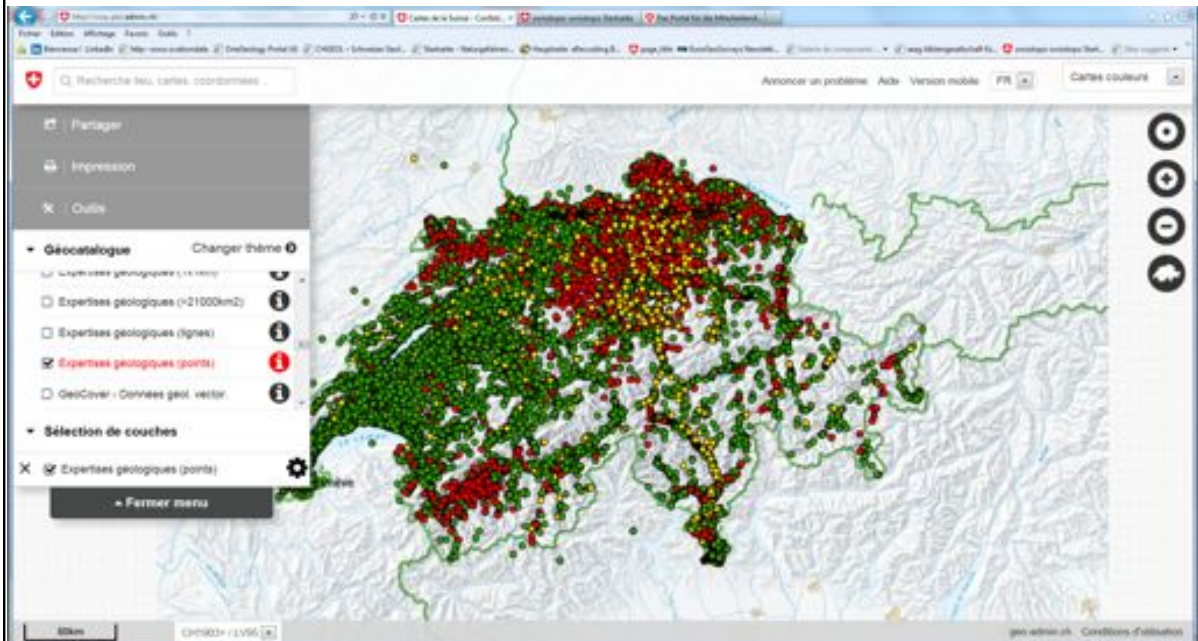
Données digitales

Plus de 45'000 documents

Centre d'informations géologiques
geolinfoswisstopo.ch - Tel 058 469 05 83



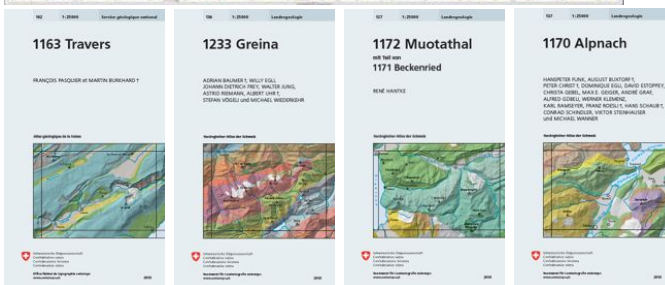
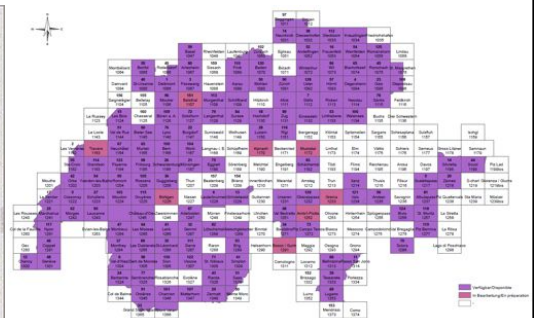
Accès Internet: <http://map.geo.admin.ch>



De l'atlas géologique à GeoCover

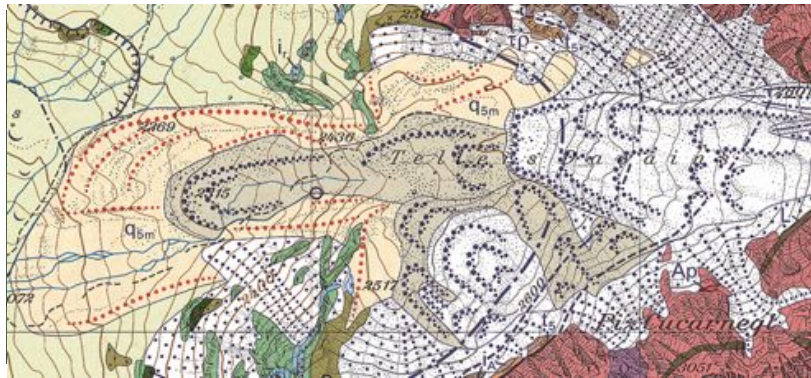


Atlas géologique de la Suisse (AG25)





GA 25 et géomorphologie



Ortho-
photo

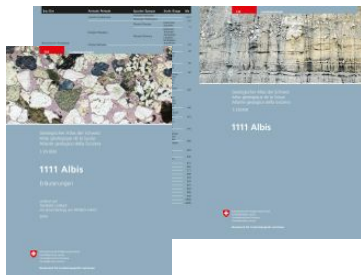


MNT



Atlas géologique de la Suisse 1:25'000

Carte imprimée



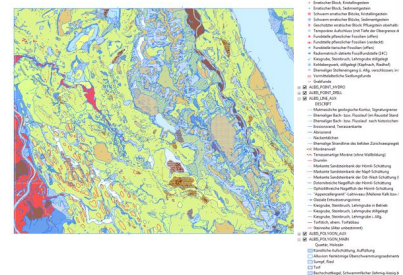
- Graphisme
- Topographie adaptée
- Légende
- Papier de qualité pour le terrain
- Produit et notice explicative

Carte pixel



- Format pixel de haute résolution
- 1:1 la carte imprimée
- Carte géoréférencée
- Longue durée de vie

Jeux vectoriels

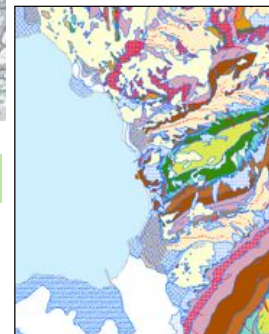
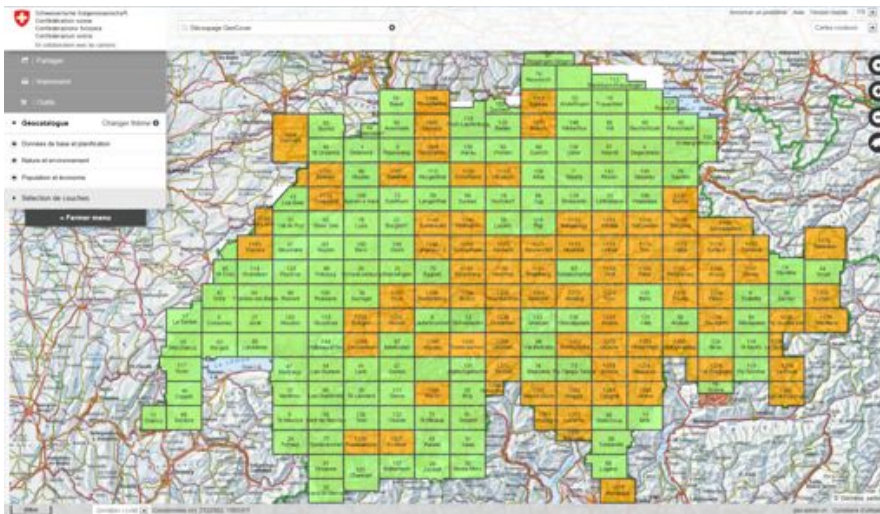


- Format shapefile compatible avec tous les systèmes d'informations géographiques (SIG)
- Donnée géoréférencée
- Symbologie proche de la carte imprimée
- Requêtes rapide

www.toposhop.ch



GA25 – GeoCover



Pas de AG25 = seulement Vectoriel

AG25 = Pixel- et Vectoriel



Accès Internet: <http://map.geo.admin.ch>





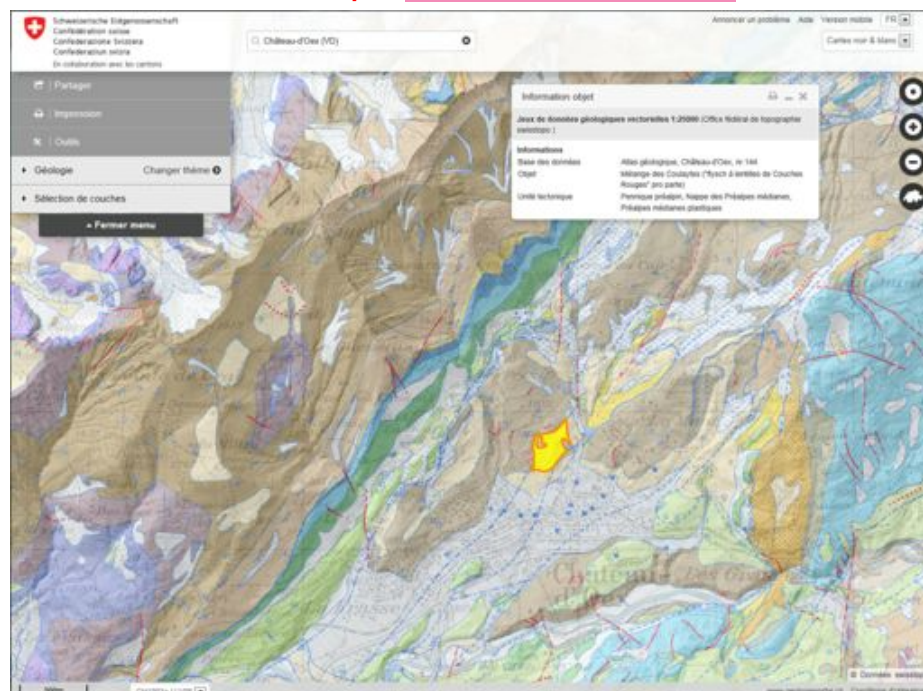
Harmonisation de GeoCover



Extraits des feuilles de l'AG25: Frauenfeld (n°16), Weinfelden (n°54), Wil (n° 86) et Degersheim (n°4)

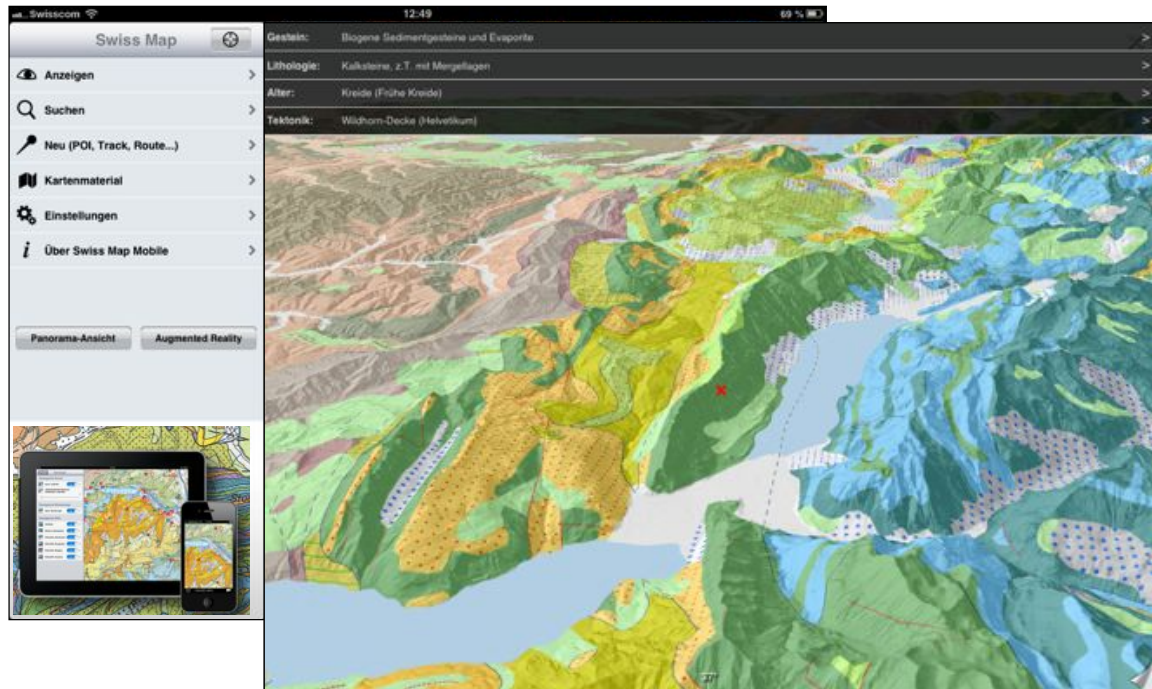


Accès Internet: <http://map.geo.admin.ch>

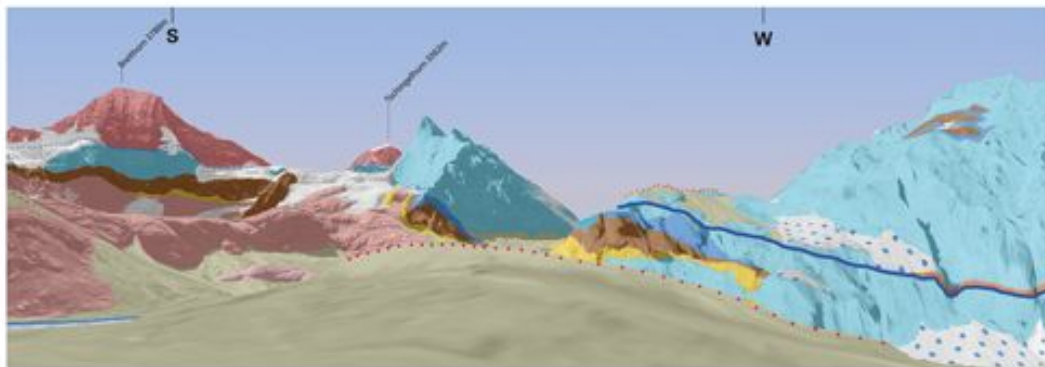




Accès via Geologie-App: Swiss Map Mobile

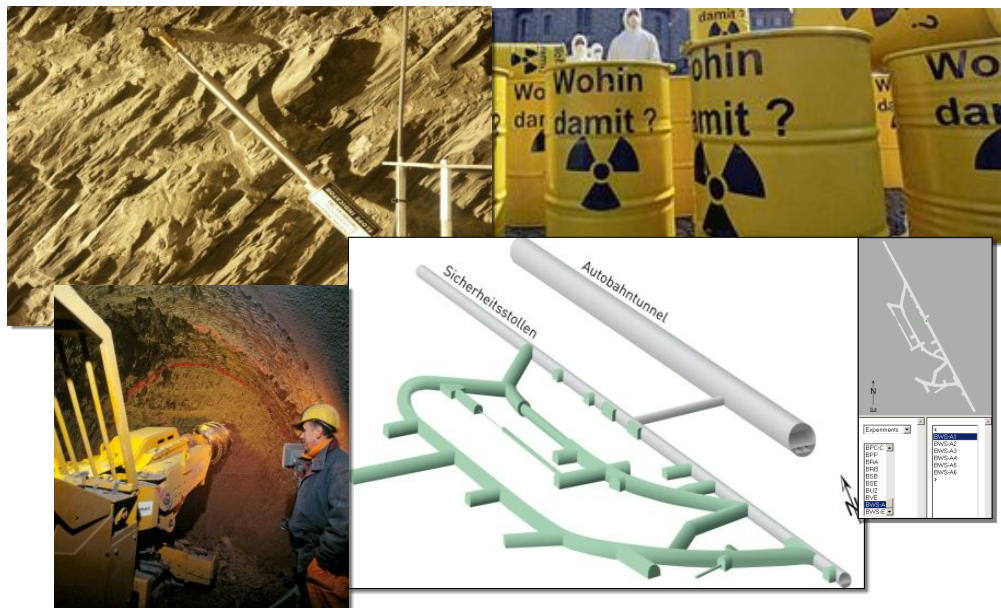


Accès via Geologie-App: Swiss Map Mobile



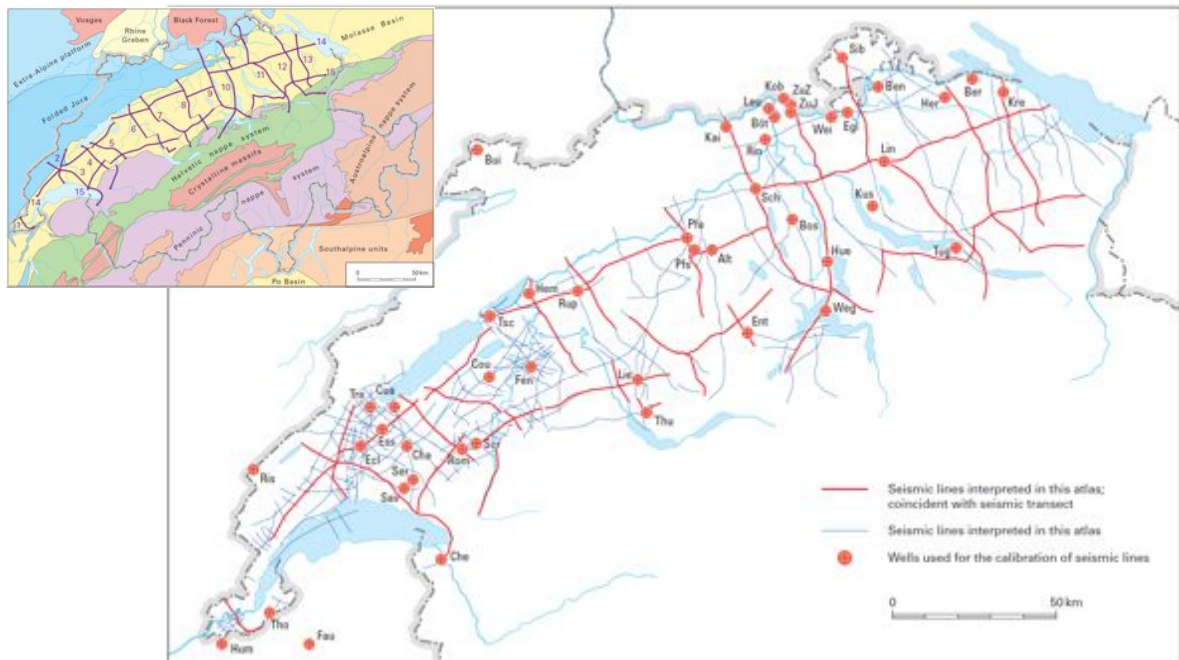


 Laboratoire souterrain du Mont Terri

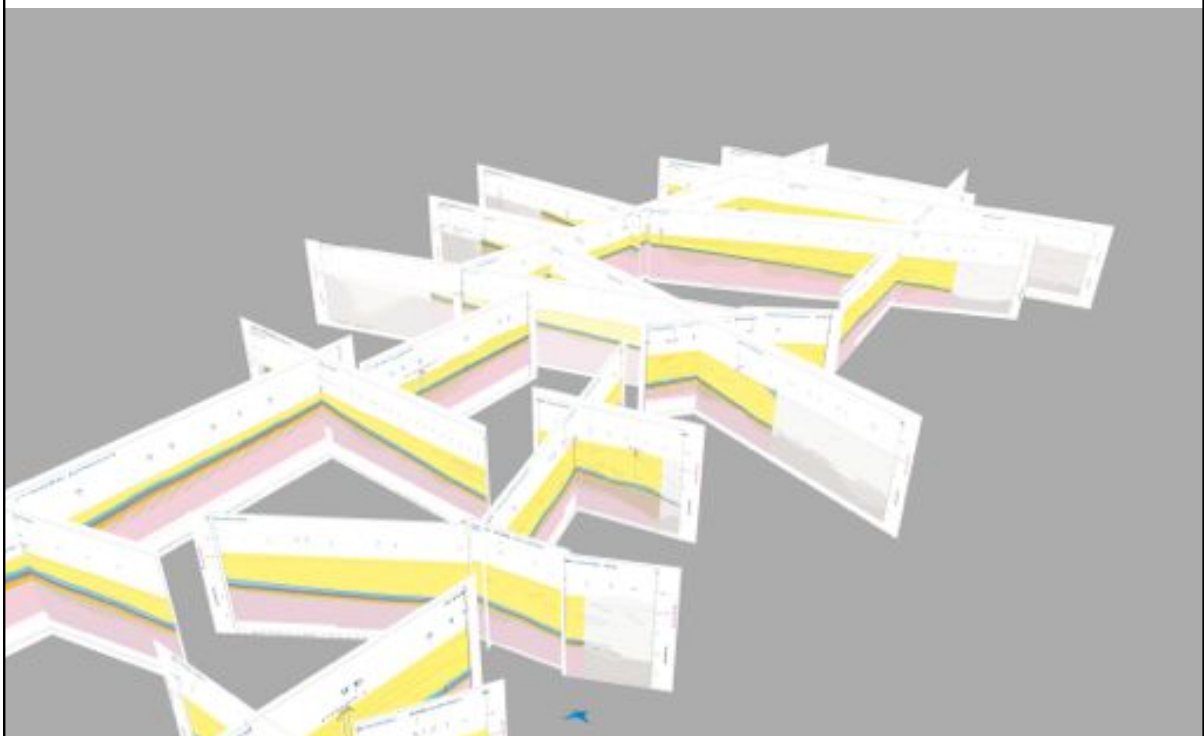




Seismic Atlas of the Swiss Molasse Basin (SGPK)



Seismic Atlas of the Swiss Molasse Basin (SGPK)



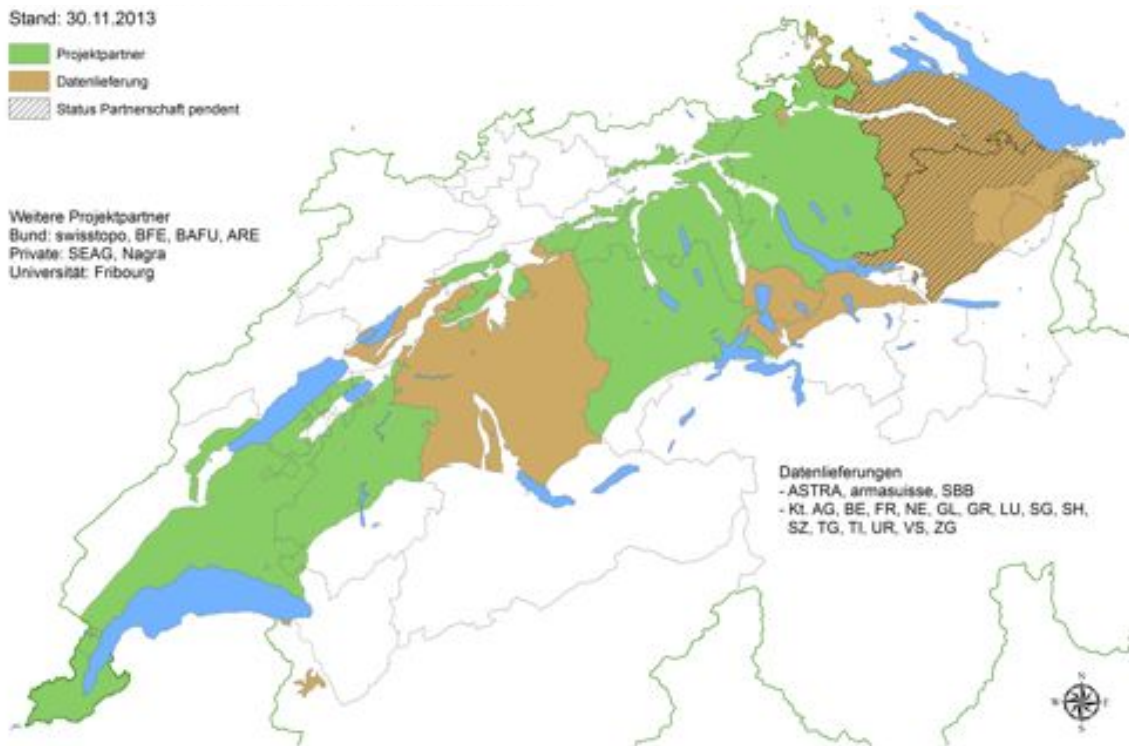


Projet GeoMol (2013-2015) – partenaires

Stand: 30.11.2013

- Projektpartner
- Datenlieferung
- Status Partnerschaft pendente

Weitere Projektpartner
Bund: swisstopo, BFE, BAFU, ARE
Private: SEAG, Nagra
Universität: Fribourg

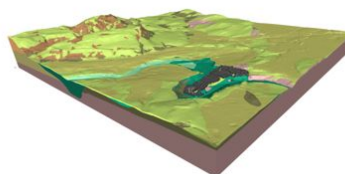


Datenlieferungen
- ASTRA, ammassuisse, SBB
- Kt. AG, BE, FR, NE, GL, GR, LU, SG, SH,
SZ, TG, TI, UR, VS, ZG



Projet GeoMol

Produits	1:200'000	1:50'000
Toit de la roche (Plateau suisse et vallées alpines)	X	X
Modèle structural 3D (failles, chevauchements)	X	X
Géometrie 3D des 12 horizons	X	X
Structure 3D des fossés permo-carbonifères	X	X
Modèles de vitesses sismiques /gradients géothermiques	X	X
Produits dérivés	1:200'000	1:50'000
Modèles volumiques	X	X
Géopotentiels (Géothermie, CCS)		X



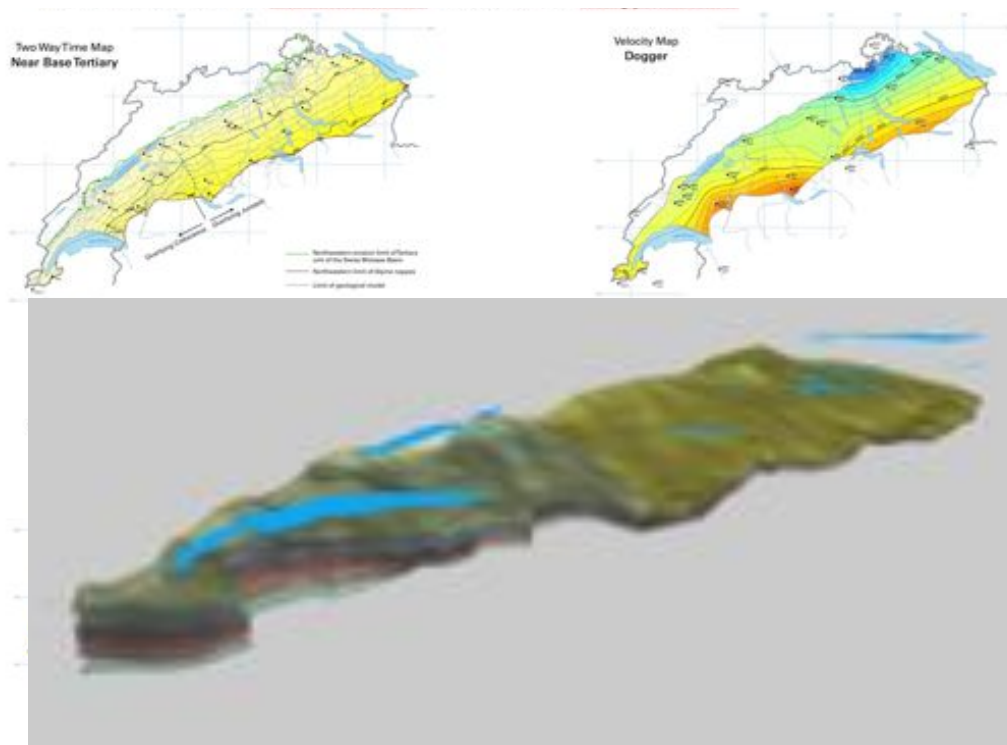


Projet GeoMol: 12 Horizons

	Horizon	Description
Quat	Topo	Topography DHM25
	TBr	Top Bedrock
Ceno	TOSM	Top Upper Freshwater Molasse
	TOMM	Top Upper Marine Molasse
	TUSM	Top Lower Freshwater Molasse
	TUMM	Top Lower Marine Molasse
	BCen	Base Cenozoic
	TUMa	Top Upper Malm
Meso	TLMa	Top Lower Malm
	TDo	Top Dogger
	Li	Top Lias
	TKeu	Top Keuper
	TMus	Top Muschelkalk
	BMes	Base Mesozoic

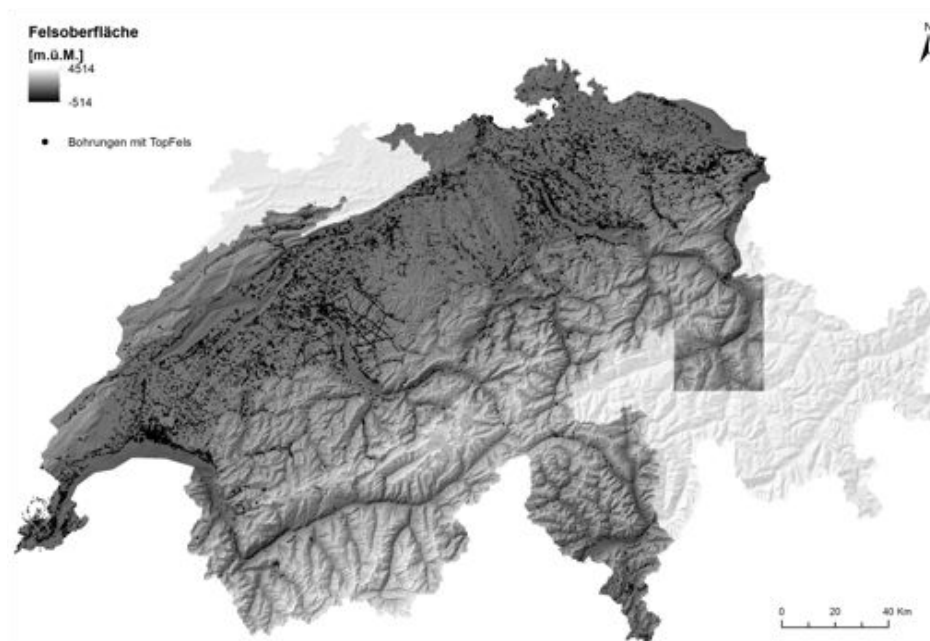


GeoMol 1:200'000: Cartes en isohypses et horizons 3D

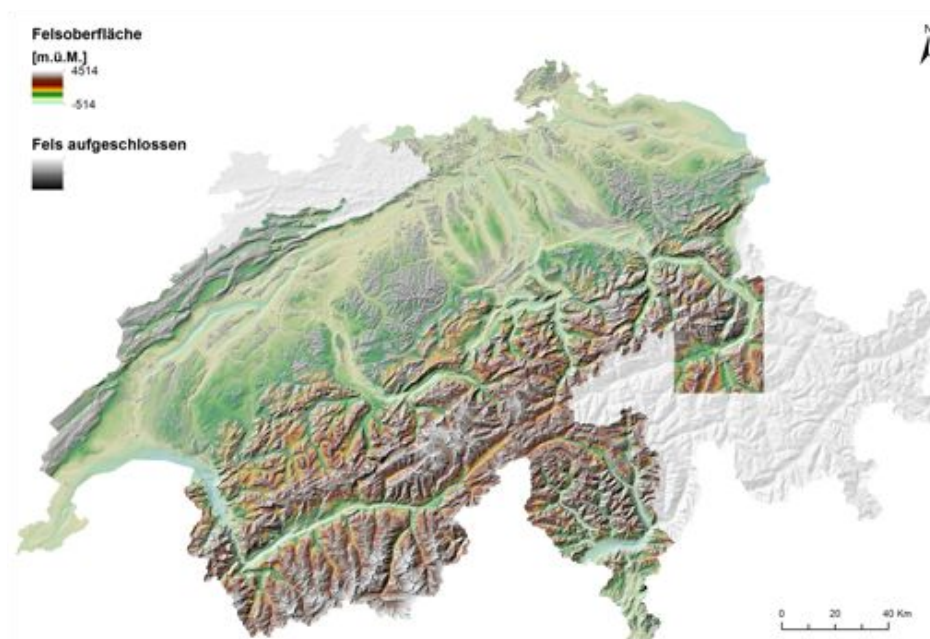




GeoMol: toit du rocher et données de forages

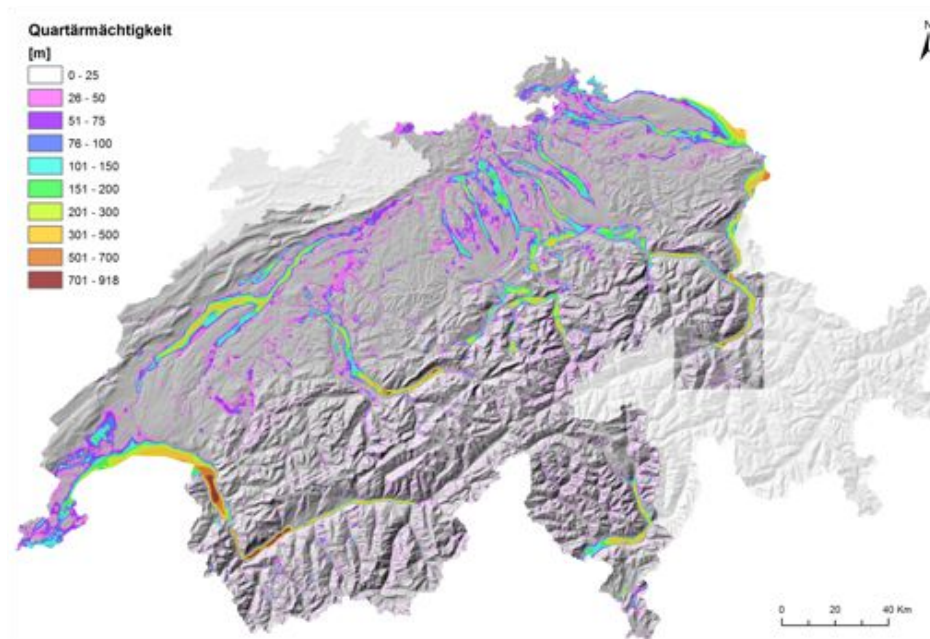


GeoMol: toit du rocher



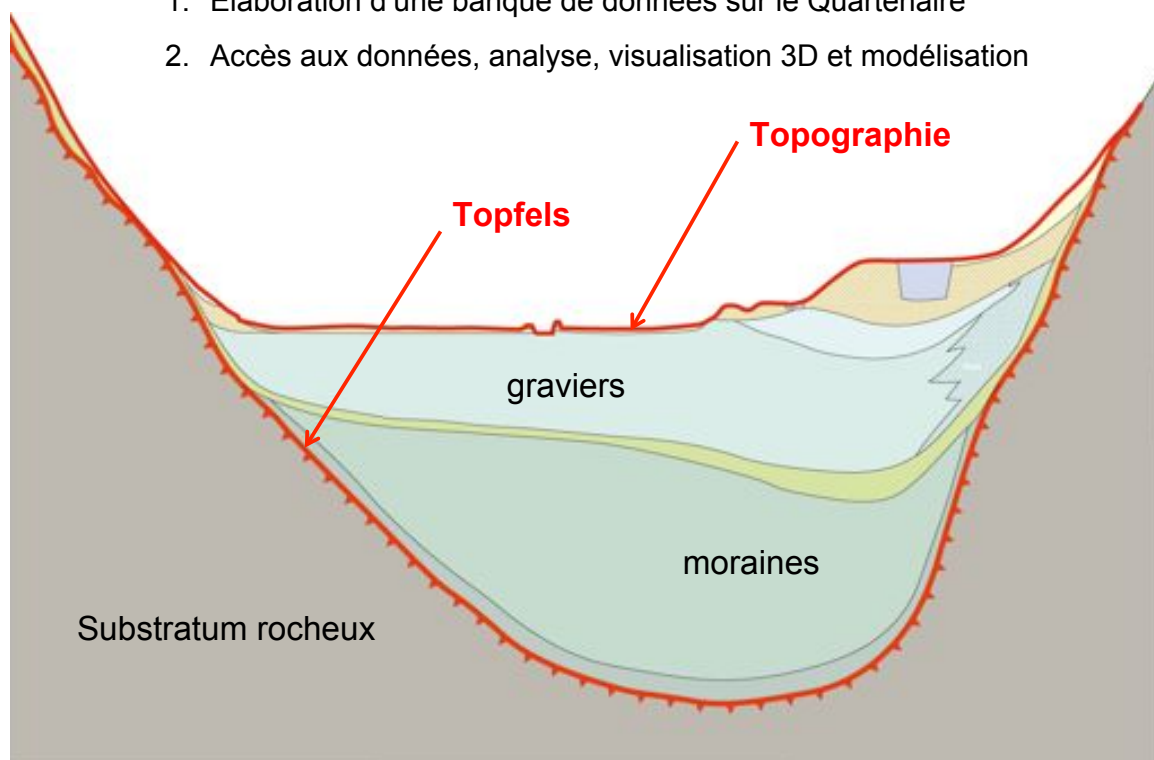


GeoMol: épaisseur du Quaternaire



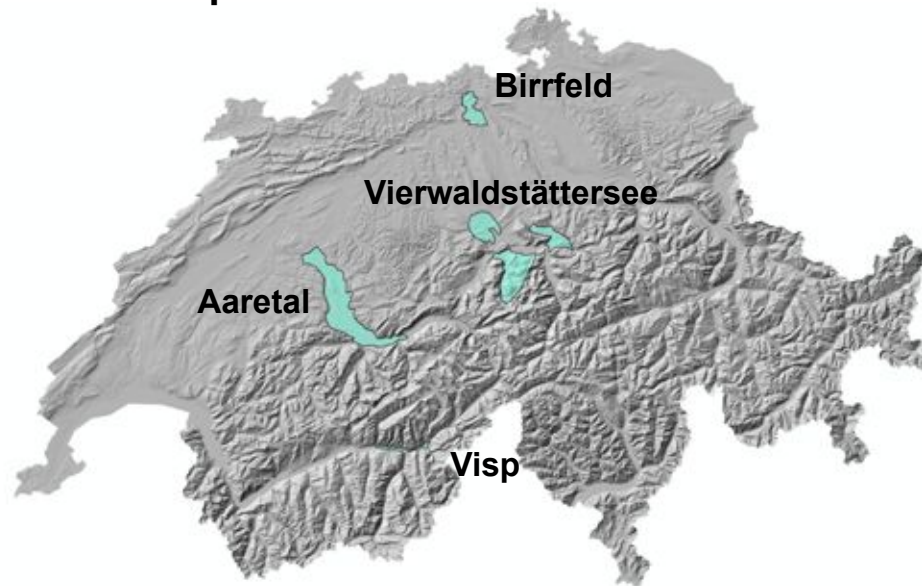
Projet GeoQuat (2014-2017)

1. Elaboration d'une banque de données sur le Quaternaire
2. Accès aux données, analyse, visualisation 3D et modélisation





Quatre études-pilote



- **Birrfeld** (AG): géothermie, hydrogéologie, ressources minérales, stratigraphie
- **Visp** (VS): hydrogéologie, microzonage sismique, stratigraphie
- **Aaretal** (BE): stratigraphie, ressources minérales
- **Vierwaldstättersee** (NW, OW, SZ, LU, ZG): ressources minérales, stratigraphie

35



Projet GeoQuat: mesures, analyses, essais

KORNVERTEILUNG		
Silt(0.002-0.2mm)	%	Silt Verteilung
Sand(0.2-2mm)	%	Sand Verteilung
Kies(2-63mm)	%	Kies Verteilung
Steine(63-200mm)	%	Steine Verteilung
Blöcke(>200mm)	%	Blöcke Verteilung

HYDROGEOLOGISCHE MESSUNGEN		
-	m	Grundwasserspiegel
Sw	%	Wassergehalt
n	%	Porenvolumen
k	m/s	Durchlässigkeit
T	°C	Wassertemperatur
pH	-	pH
Leit.	mS/cm	el. Leitfähigkeit

GEOTHERMISCHE MESSUNGEN		
	W/m*K	Wärmeleitfähigkeit
	KJ/Kg*K	Wärmekapazität
T	°C	Mittlere Jahrestemperatur
	°C/100m	Geothermischer Gradient
	mW/m²	Wärmefluss

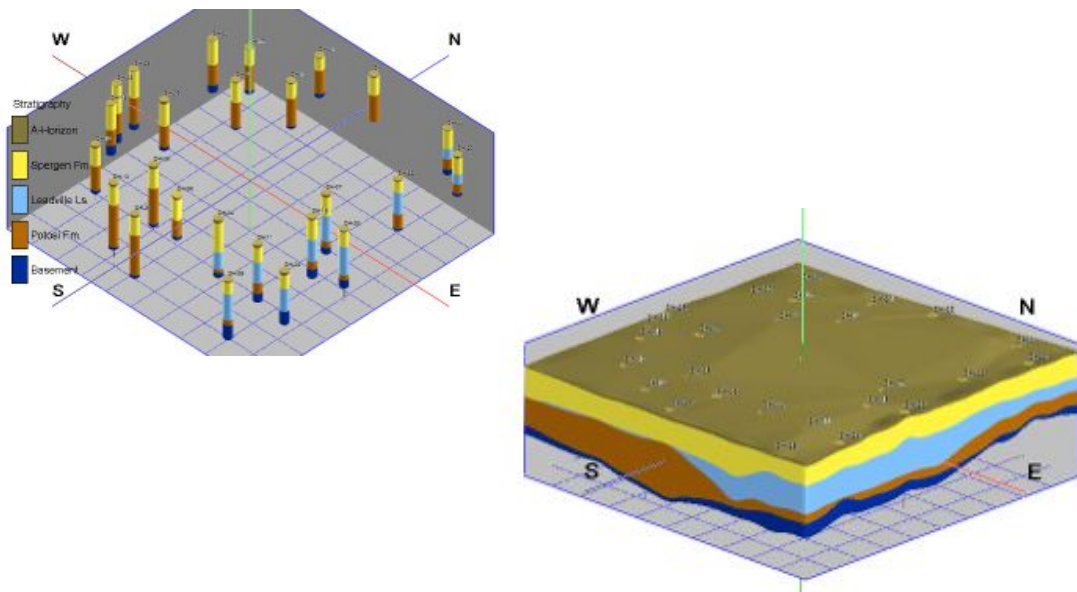
CHEMISCHE ANALYSEN		
Mg	mg/l	Magnesium

GEOTECHNISCHE MESSUNGEN		
W _L	%	Konsistenz nach Atterberg (Flie遶grenze)
W _p	%	Konsistenz nach Atterberg (Ausrollgrenze)
I _p	%	Plastizität Index (Ip=W _L -W _p)
	N/m²	Spannung
	kg/cm²	Vertikalspannung/-belastung
A _h /h _o	%	Zusammendrückung
γ	kg/m³	Dichte
γ _e	g/cm³	Feuchtraumdichte
γ _s	g/cm³	Trockenraumdichte
φ	°	
c'	t/m²	Kohäsion
M _E	kg/cm²	Plastizität

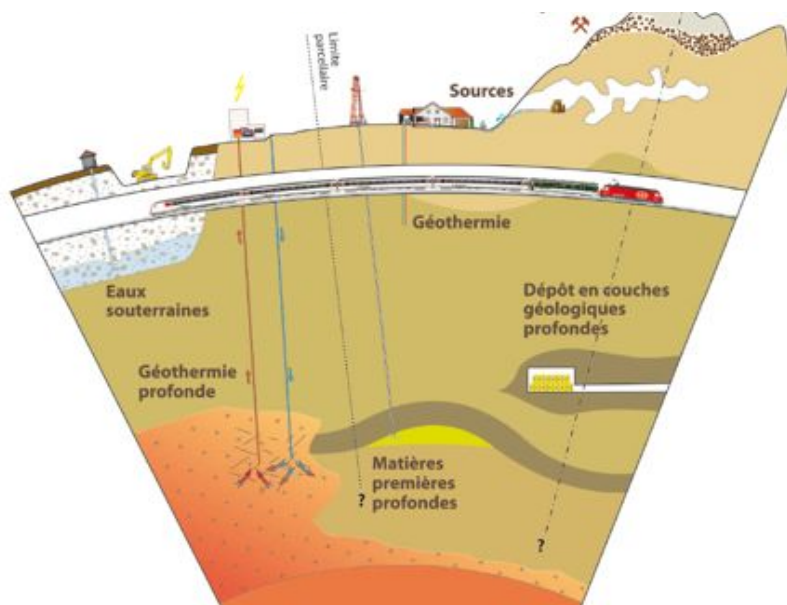
VERSUCHE		
	kg/cm²	Druckfestigkeit d _c
	kg/cm²	Scherfestigkeit 1/2d _c
Δe	-	Oedometer
		Pressiometer
		Flügelsonde



Projet GeoQuat



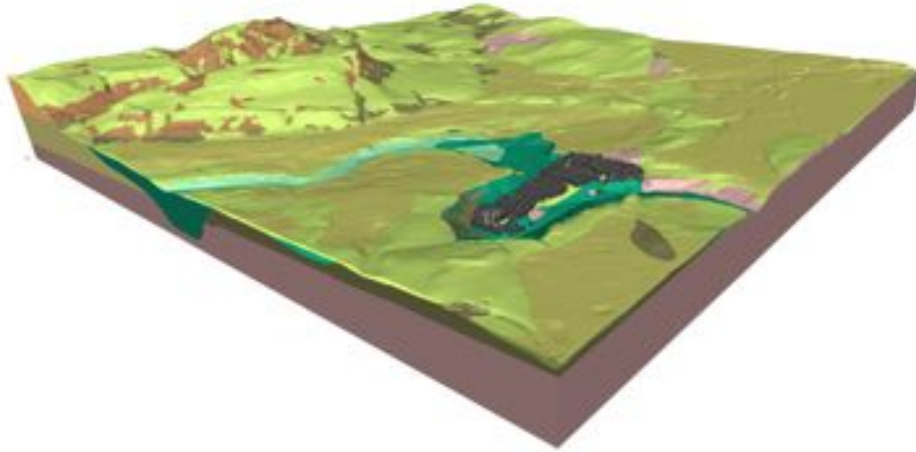
Perspectives: les géoressources



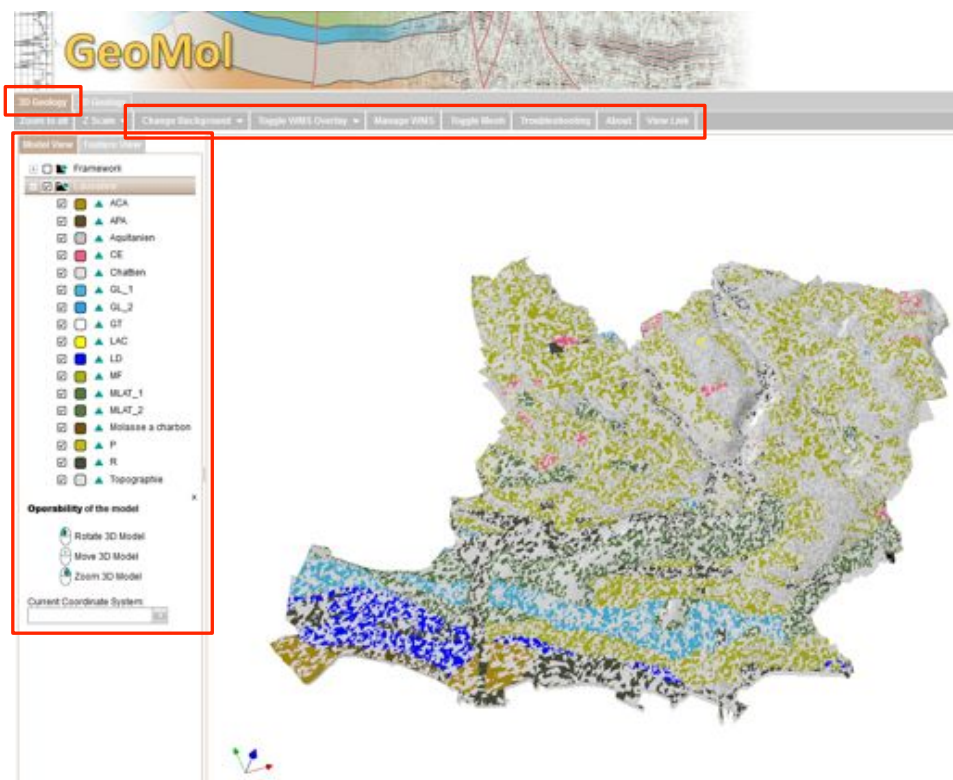


Atlas géologique AG25-3D

Modèle géologique de la région de Berne
© swisstopo – Swiss Geological Survey

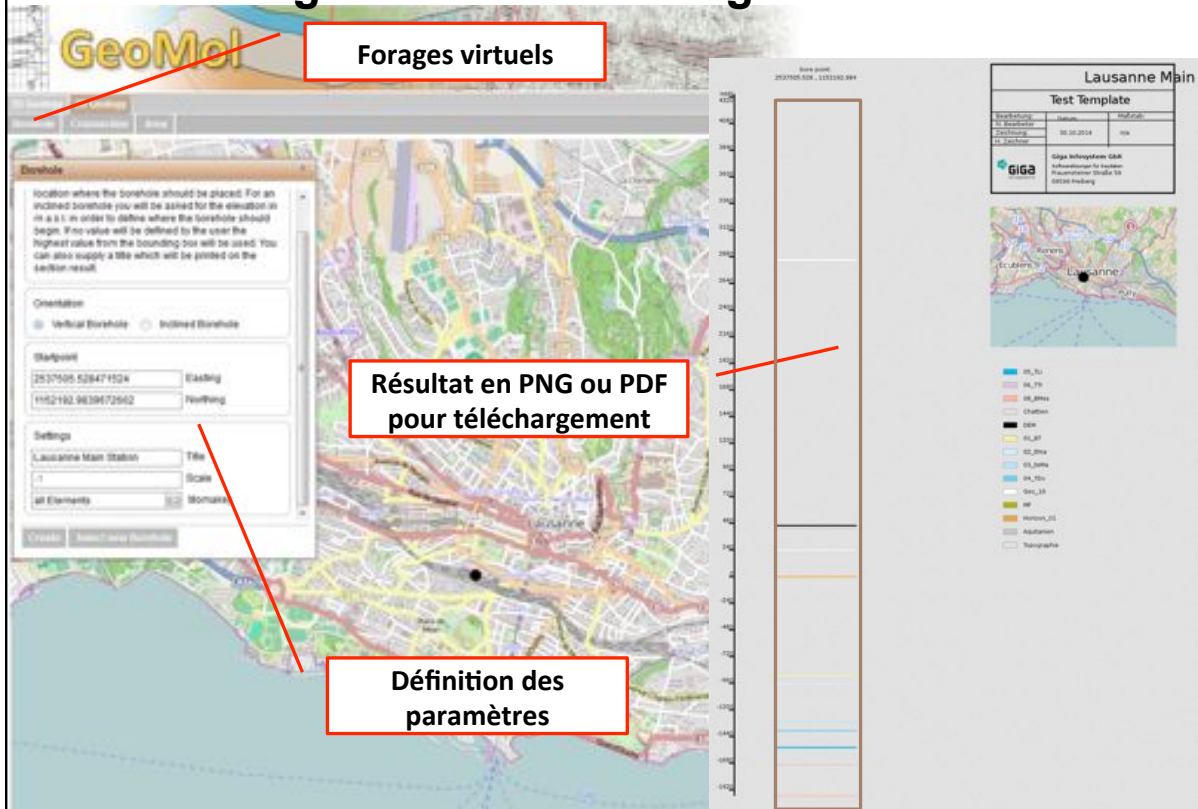


Projet-pilote GeoMol/GST - visualisation en 3D Lausanne

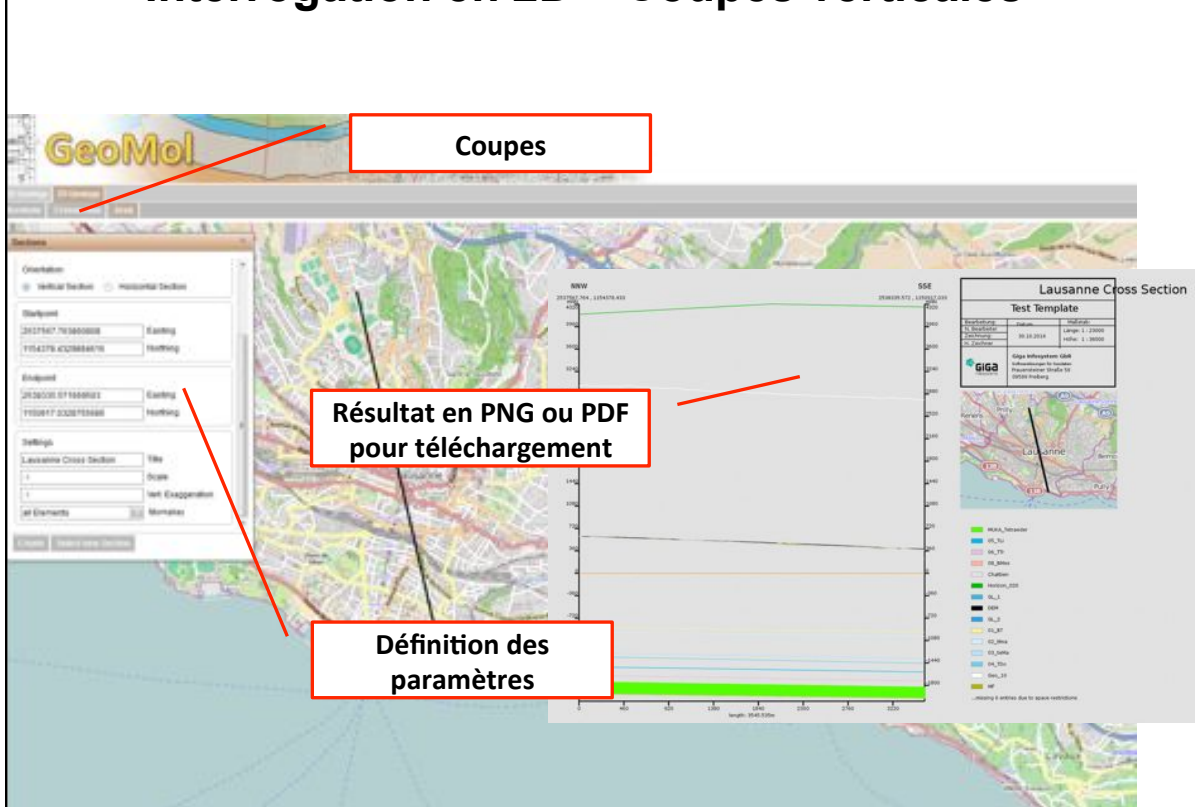




Interrogation en 2D – Forages verticaux

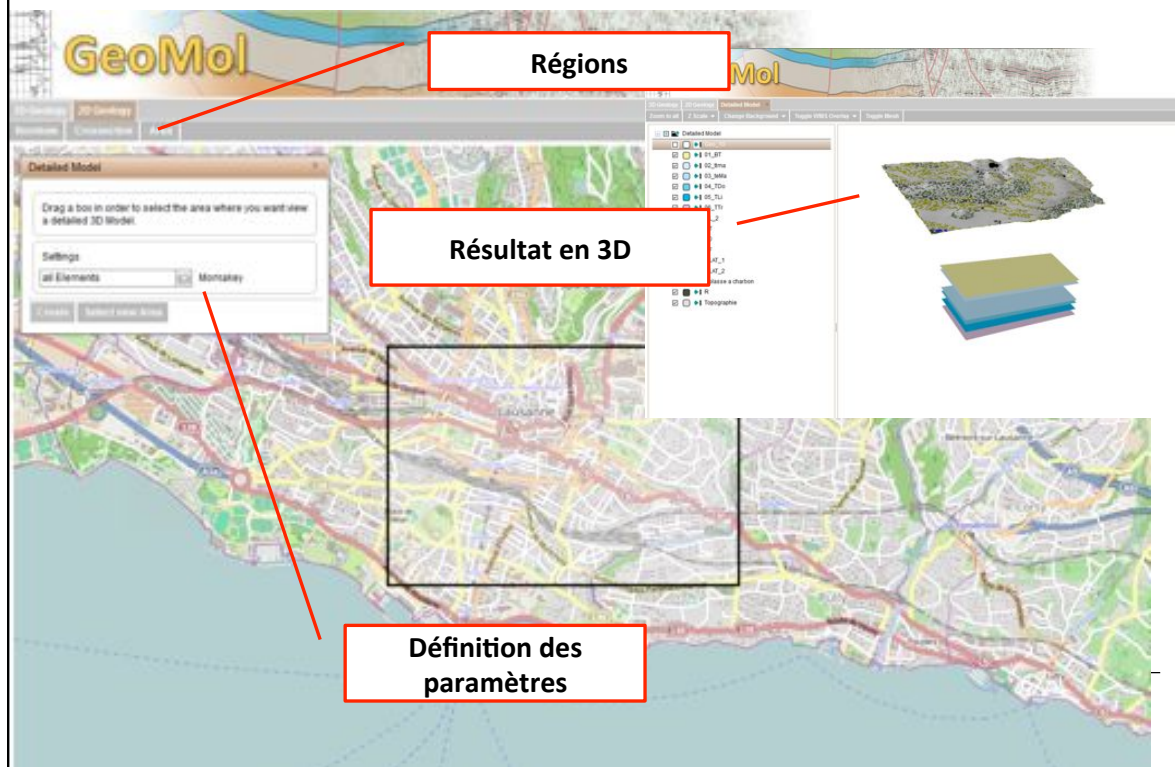


Interrogation en 2D – Coupes verticales



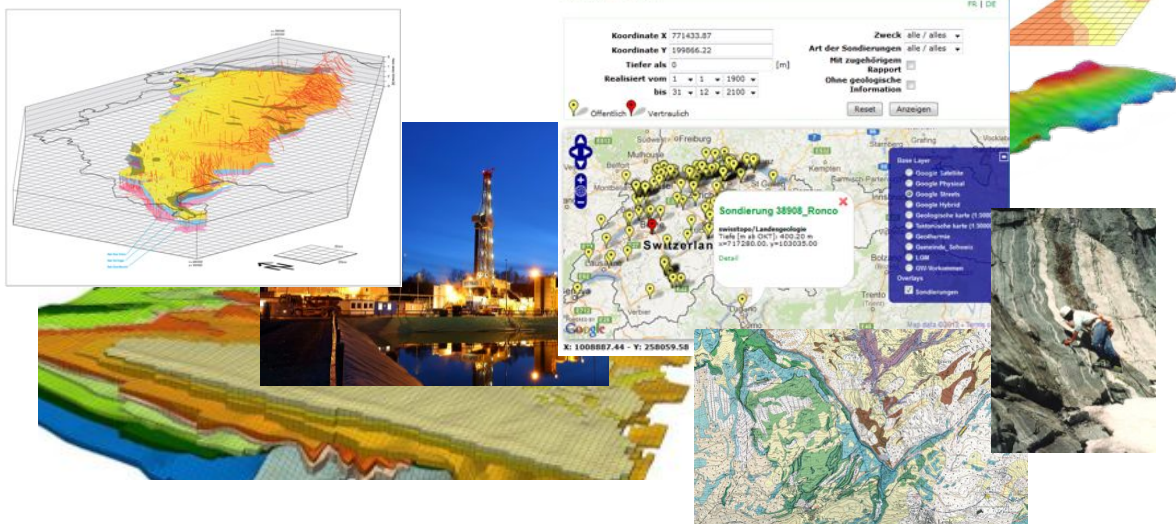


Interrogation en 2D – Extraction de régions



Données géologiques à swisstopo

- Acquisition (terrain, sismique, forages)
- Harmonisation (standard, modèle de données)
- Maintenance (banque de données, archives, droits d'auteurs)
- Interpretation / Valorisation (Données 2D/3D, cartes, modèles)
- Diffusion (portail Internet, Datenviewer)



La géothermie au Plessis Robinson: les raisons d'un succès

Christian Boissavy

AFPG

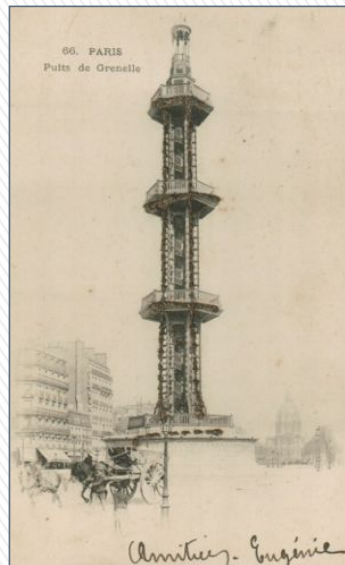
(Association Française des Professionnels de la Géothermie)



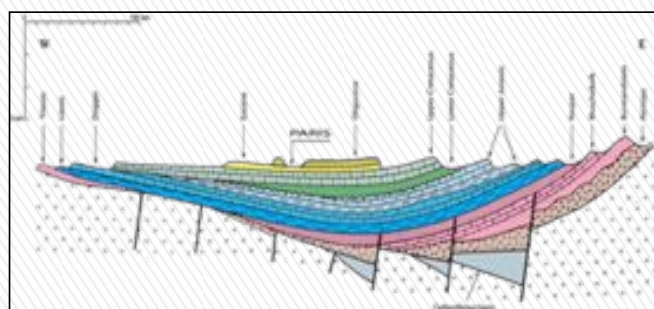
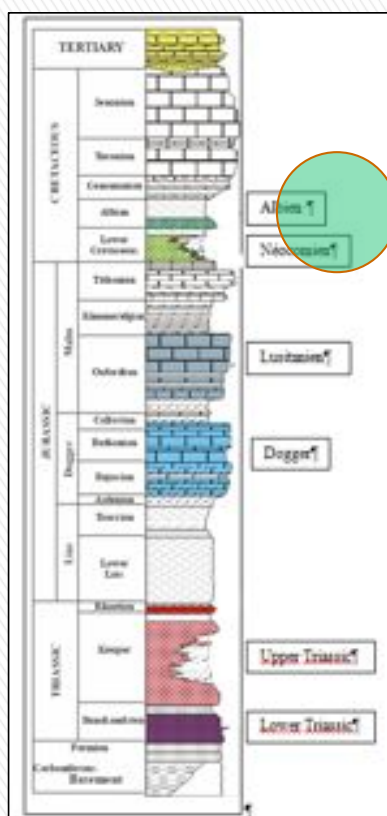
Le bassin parisien est bien connu pour ces nombreuses installations géothermiques basse température qui alimentent environ 1 millions de franciliens par le biais d'une quarantaine de réseau de chaleur.

Les conditions géologiques y sont très favorables et de nombreux aquifères superposés depuis 10 jusqu'à 2500m de profondeur sont exploitables. Les premiers forages ont été effectués avant 1850 et des données géologiques plus nombreuses et plus profondes ont été acquises après 1950 avec une exploration pétrolière très active.

Puits artésien de Grenelle foré de 1833 à 1841 par l'entrepreneur Mulot



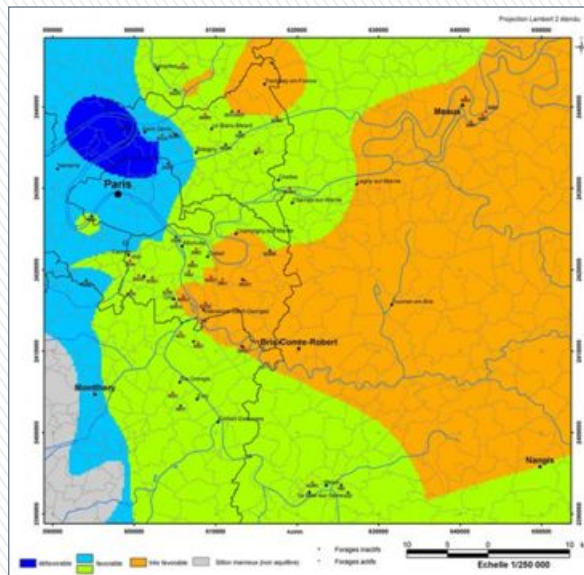
3



Des ressources variées du socle jusqu'à la surface

4

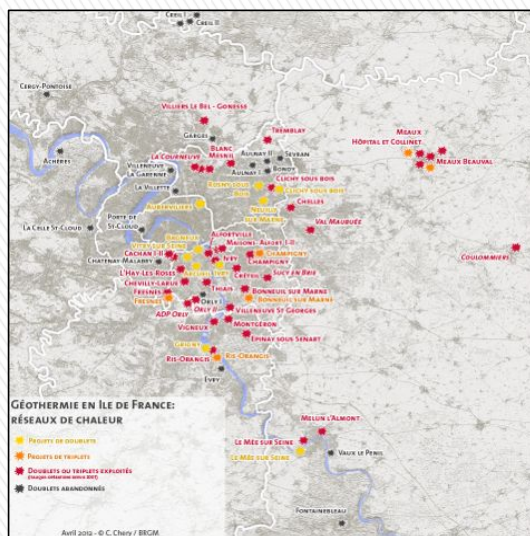
Pourquoi avoir recours aux nappes peu profondes ?



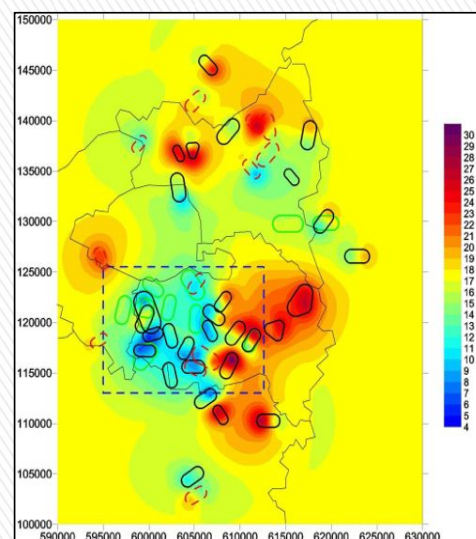
Carte de la productivité du réservoir du Dogger en Ile de France (BRGM)

5

Allure d'une modélisation au Dogger en Ile de France (BRGM)



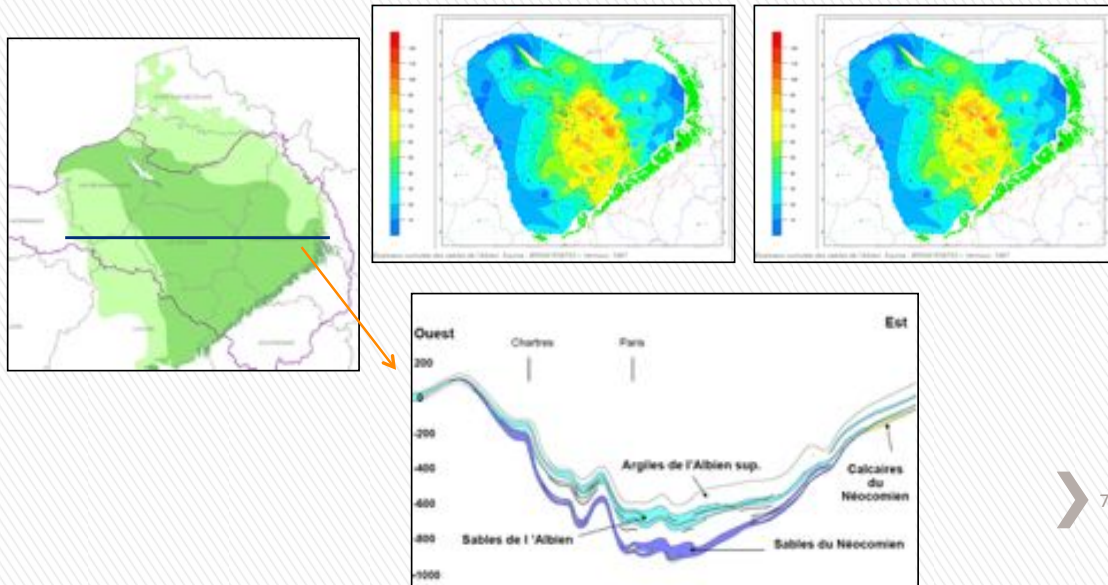
Les opérations au Dogger en Ile de France (BRGM)



6

Les deux réservoirs du Crétacé inférieur sont captifs et éruptifs et très bien protégés depuis la surface par des horizons argileux imperméables la transmissivité de l'Albien est excellente et de l'ordre de 10^{-2} to 10^{-3} m²/s et plus faible pour le Néocomien à 2.10^{-3} m²/s

Epaisseur cumulée des sables albiens et néocomiens



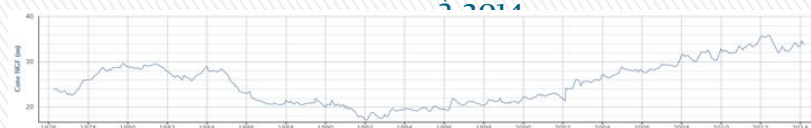
7

Les sables de l'Albien ont été intensément exploités depuis 160 années et une loi mise en place en 1935 en contrôle l'exploitation en interdisant les nouveaux forages. Le centre du bassin en rouge et orange est la partie la plus exploitées.



- Le centre du bassin en rouge et orange est la partie la plus exploitées.

- Evolution du niveau statique de la nappe albienne de 1984 à 2014



8

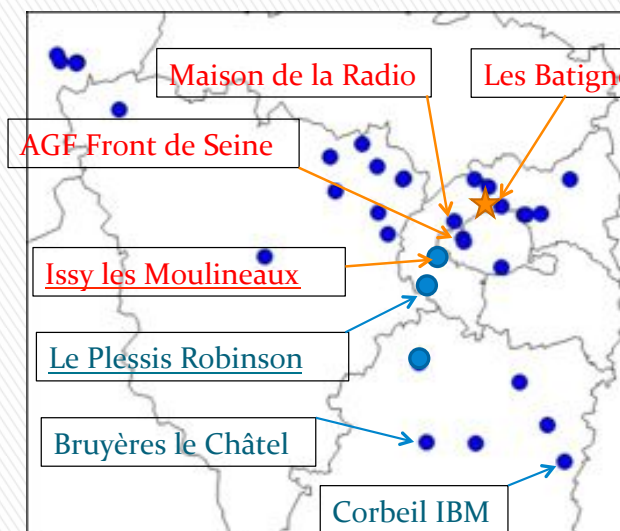
Les deux aquifères sont extrêmement étendus et présentent des réserves importantes.

- Albien : 1415 milliards de m³ d'eau dans les sables
- Néocomien : 820 milliards de m³
- Surfaces à l'affleurement de l'ordre de 5000 km²
- Age de l'eau sous Paris de l'ordre de 40000 ans soit une vitesse d'écoulement de l'ordre de 10m par an
- Les deux aquifères sont captifs et étaient très éruptifs avant 1900. Ils sont très bien isolés de la surface et sont considérés par l'administration française comme ressource stratégique en cas de pollution majeure des eaux de surface



9

Les forages au crétacé inférieur (en légendes) rouge et Néocomien en bleu



33 forages existants à l'Albien dont 22 exploités pour la production d'eau potable, et trois pour la géothermie. Pour le Néocomien, 3 forages producteur, un pour un industriel et un autre pour le CEA en puits unique enfin le doublet du Plessis Robinson.



10

Le Plessis-Robinson. Doublet au Néocomien



Le réservoir géothermique est connu d'après les cuttings et le logs réalisées sur un doublet au Dogger proche de moins de 2 kilomètres. La perméabilité attendue était inférieure à celle des sables albiens en raison d'une finesse extrême des sables.

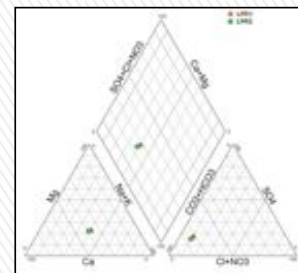
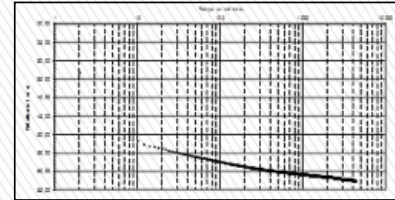
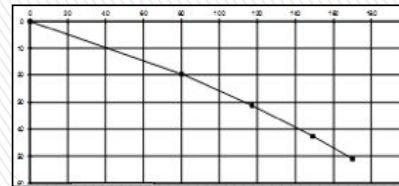
Le forage de production est tubé en 9" 5/8 à 887m de profondeur et le réservoir a été foré en 15" jusqu'à 991 m. Le réservoir est équipé de crépines en acier inox de type Johnson mise en place avec un liner hanger et mise en place d'un massif de gravier calibré filtrant. Le forage d'injection est dévié et le réservoir est équipé avec des crépines Johnson pré-gravel packées avec bille de verre de type "MuniPack".



La mise en eau des ouvrages est réalisée à l'air lift à plus de 230 m³/h pendant des périodes longues et avec développement aux hexaméta phosphates. Les essais de débits se déroulent sur 72 heures avec prélèvement d'échantillons d'eau et contrôle de la présence de particules sableuses.



- La transmissivité calculée d'après la descente et la remontée du pompage de longue durée est de $1,32 \cdot 2,53 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ and coefficient d'emmagasinement (S) de $7,82 \cdot 10^{-2}$.
- Le test de pompage final est réalisé dans les deux forages, il est suivi en fin de l'opération d'un test en boucle pour vérifier le fonctionnement du doublet à $200 \text{ m}^3/\text{h}$ nominal.
- La température à la surface est de $38,7^\circ\text{C}$.
- La salinité totale de l'eau est inférieure à 1 g/l , la teneur en oxygène de $0,03 \text{ mg/l}$ et le pH de 7,6. L'eau est de nature bicarbonaté calco-magnésienne.



➤ 13

PAC centralisée ou PAC décentralisée sur réseau de chaleur ?

■ PAC centralisée

- Avantages
 - Investissement moindre
 - Conduite et maintenance plus simples
- Inconvénients
 - Pertes réseau
 - Performances des PAC non optimisées (COP)
 - Une panne pénalise toute l'installation



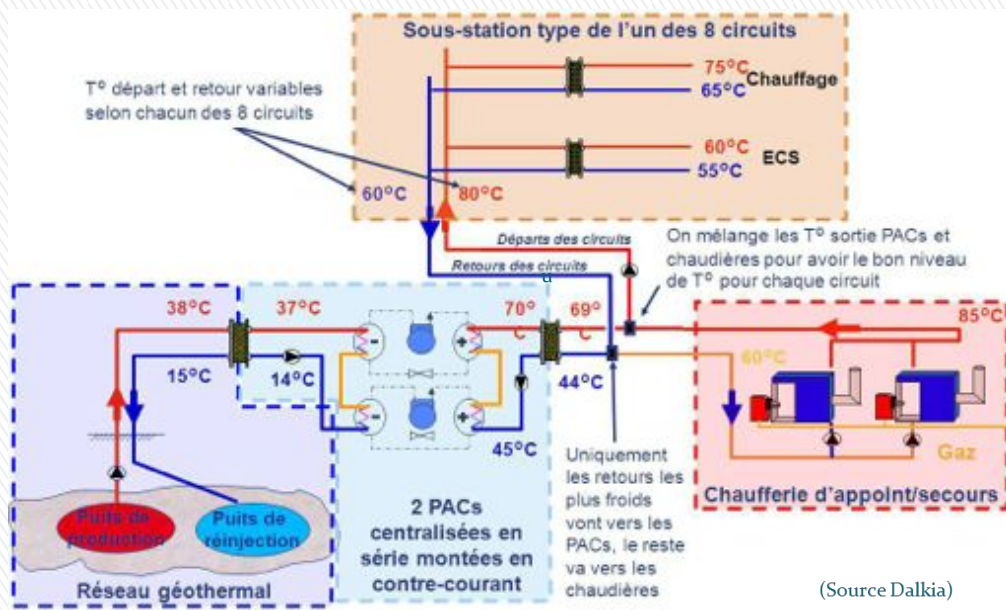
■ PAC décentralisée (sur boucle géothermique tempérée)

- Avantages
 - Réduction des pertes réseau
 - Optimisation des performances des PAC (COP, loi de température)
 - Production locale de froid possible
 - Une défaillance sur une PAC ne pénalise pas tout le réseau
- Inconvénients
 - Investissement plus important
 - Multitude de sites à contrôler pour la production de chaleur :
 - en marché collectif, gestion exploitation & sous-traitance plus complexe ⇒ peut impacter disponibilité des équipements
 - Vigilance sur l'implantation dans les immeubles (accessibilité, bruit)

➤ 14

(Source Dalkia)

Schéma de l'installation en fonctionnement depuis 2 ans (DALKIA)



15

Les chiffres clés de l'opération



- 3522 logements
- Surface à chauffer de 220 000 m²
- Besoins thermiques 39 400 MWh
- Géothermie 5,5 MW et pompe à chaleur centralisée de 7,2MW avec un COP de 4,8
- 6000 tonnes de CO₂ évitée
- 11,8 Millions d'euros dont 5,5 pour le doublet de forage et 4,2 pour le réseau et la station géothermique avec la PAC
- Avant: Chauffage au gaz à 100%
- Après 60% de géothermie et 40% de gaz

16

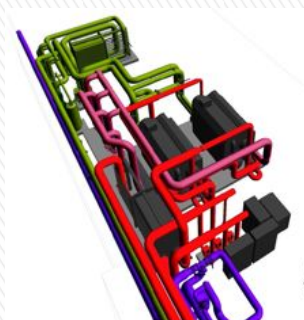
Un chantier en ville



17



Adaptation des
équipement dans la
chaufferie existante et
création du réseau pour
réaliser les test finaux



18

Les raisons du succès

- Premier doublet dans les sables du Néocomien grâce au crépines performantes Muni pack
- Forage du réservoir en diamètre élevé
- Développement long des deux ouvrages avec sur-pompage important
- Adéquation de la puissance de la géothermie à la taille du réseau en surface
- Utilisation de pompes à chaleur de haute performance

Avantages mis en évidence par le projet

- Extension des zones sous l'Ile de France pouvant bénéficier de la géothermie
- Possibilités de production et d'injection de grands débits dans les réservoirs détritiques réputés peu injecteurs
- Valorisation d'eau douce profonde ne générant pas de problème de corrosion et d'exploitation
- Participation à la mise en place de forage d'eau potable pour un plan secours stratégique en Ile de France

19

Merci pour votre attention

www.afpg.asso.fr



20

Journée romande de géothermie 2014



Bases légales cantonales sur le sous-sol : Fribourg, Vaud, Genève

25.11.2014

Sommaire

- Introduction – Contexte
- Projets de loi cantonale du sous-sol:
 - Fribourg
 - Vaud
 - Genève
- Conclusions

Introduction – contexte

- Le sous-sol: différentes utilisations possibles.
- Géothermie profonde = potentiel important
- De nombreux cantons suisses travaillent à la « révision » de leurs lois sur le sous-sol (dont VD et GE).
- La nouvelle loi du canton de Fribourg sur l'utilisation du sous-sol (LUSS) est en consultation.
- Des calendriers différents, mais des questions et réponses communes: exemple FR, VD et GE



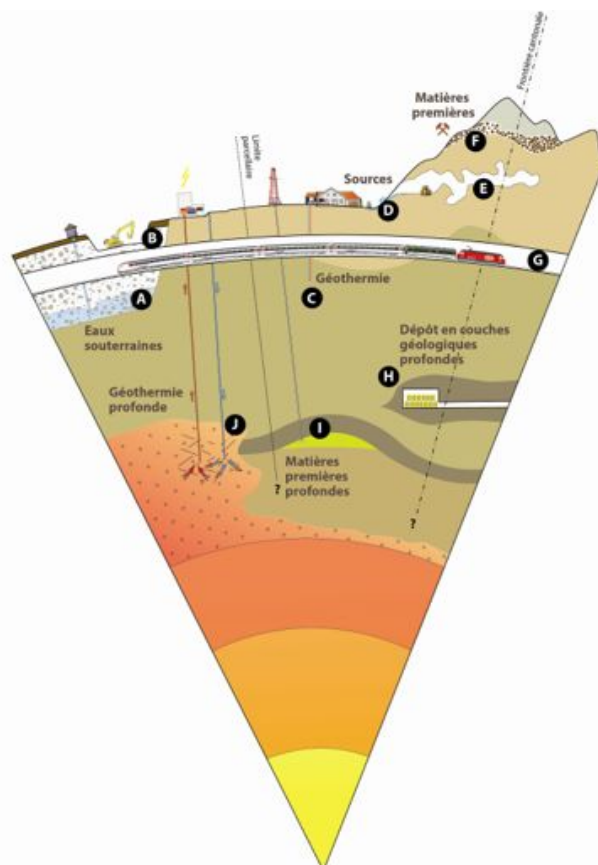
Projet de loi sur l'utilisation du sous-sol LUSS

Marco Schwab

Service des constructions et de l'aménagement

Géologue, chef de la section aménagement cantonal

Situation



Réglementation actuelle

- > loi du 4 octobre 1850 sur l'exploitation des mines
- > loi du 27 février 1960 sur la recherche et l'exploitation des hydrocarbures
- > LATeC
- > LEaux, LCEaux
- > LDP
- > LPE
- >

Pourquoi une révision

1. Loi sur l'exploitation des mines de 1850 (initialement dénommée Loi sur l'exploitation des mines et carrières)
2. Adaptations nécessaires de la loi sur la recherche des hydrocarbures (nouvelles technologies – cas «Schuepbach»)
3. Evolution de la situation (géothermie)

Contenu

Général

- > Objet
 - > L'utilisation des ressources naturelles du sous-sol (matières premières, géothermie, fonction de stockage)
- > Régali
 - > Seul l'Etat a le droit de rechercher et d'utiliser les ressources naturelles du sous-sol
 - > Il peut octroyer des permis (pour la recherche) et des concessions (pour l'exploitation)
- > Liste des exceptions qui ne tombent pas dans le champ d'application
 - > Roches et terres, orpaillage, eaux souterraines, géothermie < 400m, construction d'infrastructure

Contenu

Permis de recherche

- > Conseil d'Etat
- > Permis de recherche en surface
- > Permis de recherche en sous-sol (forages)
- > Coordination des procédures
- > Publication de la demande, avec possibilité pour d'autres intéressés de s'annoncer
- > Permis délivré pour une durée, un périmètre et une ressource déterminée
- > Pas de droit à un permis. Un permis de recherche (resp. découverte) ne donne pas automatiquement droit à une concession

Contenu

Concession

- > Conseil d'Etat
- > Conditions
 - > Des ressources naturelles disponibles permettant une utilisation commerciale
 - > Un sous-sol qui se prête à l'utilisation prévue
 - > Des techniques prévues sans danger important
 - > Un financement assuré
- > Refus de concession, si des intérêts publics prépondérants s'y opposent
- > Redevances

Contenu

Base de données géologiques

- > Système d'information sur le sous-sol fribourgeois
 - > Informations géologiques et résultats issus des investigations ou de forages
 - > Accessibles
 - > Informations issues de recherche avec permis de recherche → remises à des tiers qu'après 5 ans

Contenu

Dispositions finales (modifications LATEC)

- > La loi du 2 décembre 2008 sur l'aménagement du territoire et les constructions (RSF 710.1) est modifiée comme suit :

Art. 1 al. 2 let. a (Buts)

de veiller à un aménagement rationnel du territoire et à une utilisation mesurée du sol et du sous-sol ;

Art. 20 let. e (PAC)

des zones destinées à des installations d'approvisionnement en matières premières ou en énergie d'importance cantonale ;

Art. 20 let. f (nouvelle)

des zones destinées à des installations d'utilisation des ressources naturelles du sous-sol d'importance cantonale.

Journée romande de géothermie

David Giorgis
Géologue

Direction générale de l'environnement
Division « Géologie, sols et déchets »



DIRECTION GENERALE DE L' ENVIRONNEMENT
Journée romande de géothermie 2014

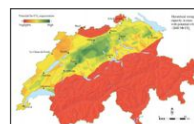
13

Etat des lieux dans le canton de Vaud

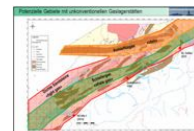
Points de départ



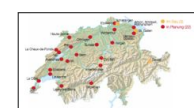
Constats



Stockage



Hydrocarbures



Géothermie
profonde

Des ressources souterraines de plus en plus sollicitées, qui permettent de répondre aux besoins de la société actuelle (augmentation démographie, énergie, etc.).



DIRECTION GENERALE DE L' ENVIRONNEMENT
Journée romande de géothermie 2014

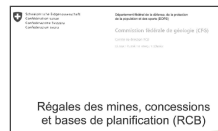
14

Etat des lieux dans le canton de Vaud

Points de départ

Programme de
législature
2012-2017

Volontés
politiques



Recommandations
CFG (2014)



Motion Mahaïm
(2013)

Un cadre légal qui doit être adapté au regard des nouveaux usages du sous-sol et un programme de législature qui prévoit des actions en ce qui concerne la gestion des ressources souterraines.



DIRECTION GENERALE DE L' ENVIRONNEMENT
Journée romande de géothermie 2014

15

Etat des lieux dans le canton de Vaud

Objectifs généraux:

- Un cadre légal qui:
 - Répond à la motion Mahaïm.
 - Tient compte des enjeux liés à une utilisation appropriée des ressources du sous-sol.
 - Tient compte des autres cantons suisses qui révisent leur cadre légal lié aux ressources souterraines et favorise une harmonisation ...

Délai:

- Un projet de loi à présenter au Conseil d'Etat au printemps 2016 (similitudes avec le canton de Genève).



DIRECTION GENERALE DE L' ENVIRONNEMENT
Journée romande de géothermie 2014

16

Etat des lieux dans le canton de Vaud

Quelques points clés

- Un champ d'application à définir et qui doit tenir compte de la législation existante (p.ex. la Lhydr qui a fait ses preuves notamment pour la gestion des permis et la récolte des données).
- Evaluer les possibilités de simplifications juridiques ou administratives.
- Tenir compte de la collaboration intercantonale et harmoniser les principes (exemple du canton de Fribourg).



Etat des lieux dans le canton de Vaud

Quelques points clés

- Clarifier le principe de redevance (géothermie).
- Tenir compte de la gestion du risque, de la criticité des projets et adapter les exigences et procédures en conséquence.
- Prévoir, poursuivre et renforcer la récolte, gestion et pérennisation des connaissances (données) du sous-sol.
- Evaluer les possibilités de coordination entre nouvelles bases légales sur le sous-sol et adaptation de la loi sur l'aménagement du territoire.



Projet de loi sur les ressources du sous-sol – Canton de Genève

Nathalie Andenmatten Berthoud
Service Géologie, Sols et Déchets, DETA
Cheffe de projet Géothermie Profonde



Département de l'environnement, des transports et de l'agriculture
Service de géologie, sol et déchets

27.11.14 - Page 19

Canton de Genève - contexte



Département de l'environnement, des transports et de l'agriculture
Service de géologie, sol et déchets

27.11.14 - Page 20

Travail de révision législatif

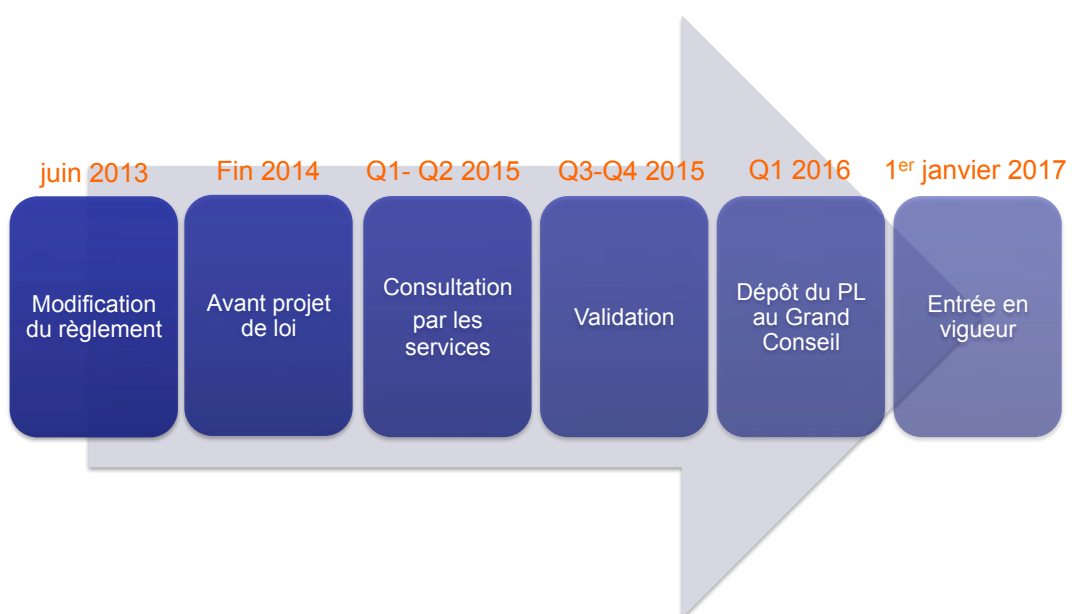


Travail de révision législatif :

- Coordonner et réglementer l'utilisation des diverses ressources du sous-sol (géothermie, hydrocarbures, minerais, etc.)
- Garantir l'approvisionnement en eau potable et préserver l'environnement
- Définir les acteurs et leurs rôles et leurs responsabilités

⇒ **Loi sur les ressources du sous-sol**

Calendrier



Avancement sur le projet de loi

Les principes

Utilisation du sous-sol: priorisation et autorisation

Préservation de l'environnement et sécurité de la population

Devoir d'information: constitution d'une base de données du sous-sol

Rôle et responsabilités: obligations, assurance.

Conditions financières: Redevances



1. Utilisation du sous-sol

1) Stratégie énergétique du canton de Genève:

- Réduire la consommation d'un facteur 3
- Multiplier par 3 la part des énergies renouvelables
- Développer des systèmes de transformation et de distribution efficaces
- Diminution de consommation d'énergies fossiles

2) Politique environnementale et les enjeux climatiques:

- Diminution des gaz à effets de serre

→ Réflexion sur les ressources du sous-sol que le canton souhaite exploiter.

→ Priorisation des ressources : 1. géothermie profonde



2. Préservation de l'environnement

1. Protection des ressources en eau potable du canton.

Pas de forages autorisés dans les nappes utilisées comme eau potable.

2. Procédure adaptée à la nature des risques

EIE + compléments pour des aspects nouveaux: risque sismique et liquide de stimulation.



3. Devoir d'information

Le sous-sol profond et ses ressources font partie du domaine public cantonal et l'Etat doit en maîtriser la connaissance.

Objectif: mise sur pied d'une base de données du sous-sol.

→ liste avec les données et documents qui doivent être obligatoirement transmis à l'Etat.



Les difficultés: le règlement d'application

La mise en application

Définition du cahier des charges

Guide des bonnes pratiques: technique de forage, stimulation et remise en état.

Niveau de risque: montant de dommage, couverture d'assurance.

Surveillance et contrôle : normes

→ Le canton manque d'expertise



Département de l'environnement, des transports et de l'agriculture
Service de géologie, sol et déchets

27.11.14 - Page 27



Un appui nécessaire ...

Manque d'expérience → Besoin de soutien de la Confédération.

Constitution d'un groupe de projet avec l'OFEN, Swisstopo, les cantons et GEOTHERMIE.CH pour travailler sur une série de modules:

- Compilation d'information
- Recommandations et standards pour la Suisse
- Modèles de concession
- Assurances
- Gestion des données
- Groupe d'expertise inter-cantonale
- + soutien de Swisstopo, OFEN, OFEV sur demande.



Conclusions

- Une volonté de récolte et de maîtrise des connaissances du sous-sol.
- Une volonté d'harmoniser les lois entre les cantons.
- Des champs d'application « comparables » (matières premières, géothermie, stockage).
- Une collaboration et des échanges accrus entre cantons et Confédération, impliquant une certaine harmonisation entre les différents projets.
- Nécessité de développer l'expertise.

Financer son projet:

Quels sont les outils pour convaincre les investisseurs ?

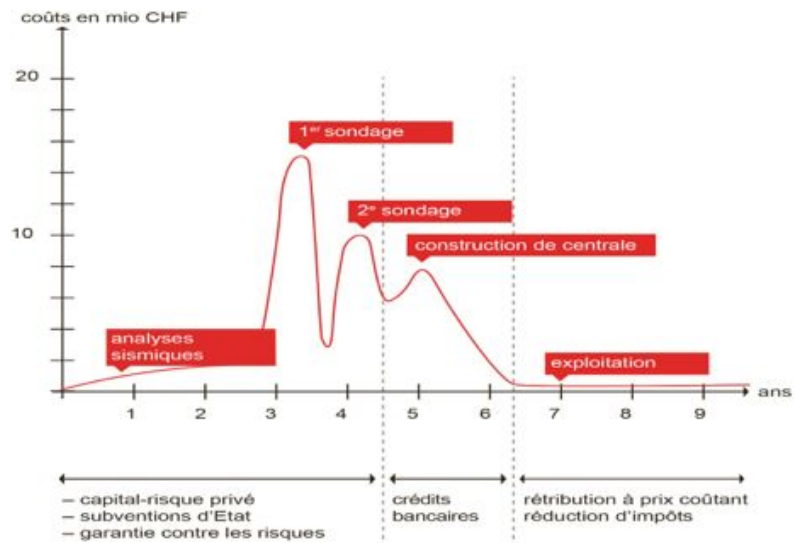
Yverdon-les-Bains, 25 novembre 2014

Plan

1. Le défi: le financement d'un projet de géothermie profonde implique des fonds importants
2. Les partenaires d'un financement de projet
3. Les aides de l'Etat et des collectivités publiques
4. Les crédits bancaires
5. Rôle du financement participatif ?
6. Le rôle du capital-risque privé (compagnies actives dans le domaine de l'électricité, de l'innovation, fonds d'investissement)
7. Le financement par des fonds étrangers (prêts, prêts convertibles, emprunts obligataires)
8. Le financement par des fonds propres (acquisition d'actions, augmentation de capital, création d'un capital- participation)
9. Quels sont les instruments les plus adaptés pour répondre aux phases d'investissement?
10. Conclusion

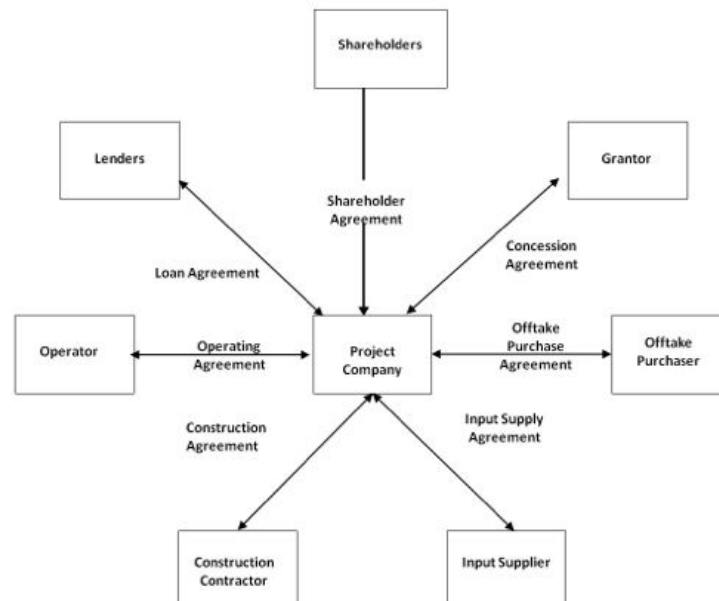
1. Le défi: le financement d'un projet de géothermie profonde implique des fonds importants

Figure: Besoin en capital des projets de géothermie profonde et instruments de soutien



3

2. Les partenaires d'un financement de projet



4

3. Les aides de l'Etat et des collectivités publiques

- Intérêt public à soutenir la géothermie: promouvoir un approvisionnement énergétique suffisant, diversifié, sûr, économique et respectueux de l'environnement; favoriser le recours aux énergies renouvelables; soutenir les technologies nouvelles; instituer une consommation économe et rationnelle de l'énergie
- Subventions au niveau fédéral, cantonal ou communal
- Prestation pécuniaire; avantage économique; prêt sans intérêt ou à taux fixe préférentiel; cautionnement = garantie du risque d'investissement lié au forage, mais 50 % au maximum (article 15a alinéa 1 LEne)
- Tarif de rachat à prix coûtant = augmentation de la rentabilité du projet, mais ne finance pas les forages

- Mesures d'incitation fiscale et amélioration des conditions-cadre (réforme de l'imposition des entreprises III, LPCC vs échec de la LSCR)
- Mesures insuffisantes à l'heure actuelle
- Contraintes administratives et limites (montant, durée, charges et conditions imposées, etc.)
- Etat et les collectivités publiques = soutien indispensable mais insuffisant

4. Les crédits bancaires

- Projet à haut risque → les conditions d'octroi du prêt sont draconiennes
- Garanties pour assurer le remboursement du prêt et de ses accessoires
- Constitution d'un gage (nantissement des actions du SPV, cédules hypothécaires sur les installations, constitution d'une police d'assurance mise en gage en faveur du prêteur, etc.)
- Cession des créances ou autres droits à titre fiduciaire
- Engagement de tiers (cautionnement, porte-fort, débiteurs solidaires)
- Pénalités en cas de défaut et/ou de retard de l'emprunteur

- Versement d'un taux d'intérêt élevé en fonction du risque couvert par le prêteur
- Durée du prêt et possibilité de dénonciation au remboursement en général pas compatibles avec les phases du projet → absence de flexibilité due à un manque de visibilité
- Quid en cas de défaut? → conséquences: procédure de réalisation des gages, liquidation du SVP, appel aux tiers engagés, action en responsabilité, poursuites, etc.
- Prêt bancaire n'est pas l'outil le plus adapté pour financer un projet de géothermie
- Prêt bancaire peut être un relais pour assurer une phase de développement d'un projet pérenne

5. Rôle du financement participatif ?

- Méthode alternative de financer des projets en mettant en relation des entrepreneurs et des investisseurs dans le public via les réseaux sociaux et les plateformes communautaires sur le web (kickstarter, indiegogo, investiere, Veolis)
- Relation tripartite (porteur de projet, investisseur, plateforme)
- Formes variées du financement (don, reconnaissance, prêt, participation au capital)
- A l'heure actuelle en Suisse = no man's land juridique → pas de loi spéciale
- Nombreuses incertitudes et questions non réglées
- Au niveau de la plateforme: qualification juridique du rapport contractuel, conditions générales applicables, droit applicable, for?

- Entre le porteur de projet et l'investisseur: qualification juridique du rapport contractuel, négociation des droits et obligations des parties à l'issue de l'investissement → inversion de la séquence habituelle de tout investissement financier
- Obligation d'émettre un prospectus si l'appel au financement s'adresse à un cercle indéterminé d'investisseurs potentiels ?
- D'autres obstacles potentiels découlent du droit public: application éventuelle de la LB, LBVM, LPCC, LBA, protection des consommateurs, propriété intellectuelle, protection des données, fiscalité?
- L'avenir déterminera l'utilité de cet outil pour les start-ups → pas adapté pour la géothermie

6. Le rôle du capital-risque privé

- Les acteurs du capital-risque/private equity jouent un rôle déterminant en phase d'amorçage et de consolidation (études de faisabilité et surtout 1^{er} et 2^{ème} sondage)
- Plusieurs acteurs peuvent intervenir en même temps ou de manière successive au cours des différentes phases du développement du projet
 - → permet de diluer le risque
 - → permet de coopérer avec les meilleurs spécialistes du marché concerné
 - → cette coopération prend le plus souvent la forme d'une joint venture (consortium/entreprise commune)
- Il faut créer le marché → rencontrer les partenaires là où ils se trouvent (Europe, USA, Asie)

- Pour garantir leur investissements, ils exigent des prérogatives importantes:
 - → participation majoritaire
 - → droit de vote privilégié et droit préférentiel (dividende/liquidation)
 - → droit de veto et majorité qualifiée sur des objets déterminés
 - → représentation au sein du conseil d'administration
 - → participation active dans la conduite du projet et sur la marche des affaires
 - → protection de l'investissement contre la dilution en cas d'augmentations de capital
 - → exigence d'un rendement élevé sur l'investissement octroyé en fonction du risque
 - → détermination de la politique de distribution du dividende
 - → détermination des conditions de la sortie de l'investisseur selon un calendrier défini par étapes

7. Le financement par des fonds étrangers

- Octroi d'un prêt senior (par exemple par une banque ou une institution financière) → en cas de liquidation du SPV, le prêteur bénéficie d'un rang prioritaire pour être remboursé
- Octroi d'un prêt subordonné (par exemple par un actionnaire) → en cas de liquidation du SPV, le prêteur ne perçoit aucun produit de liquidation tant et aussi longtemps que tous les autres créanciers ne sont pas désintéressés
- Octroi d'un prêt convertible en actions du SPV → en cas d'exercice du droit de conversion, le créancier devient actionnaire du SPV par augmentation conditionnelle du capital (articles 653 et suivants du CO) → en cas de liquidation du SPV, le nouvel actionnaire ne perçoit aucun produit de liquidation tant et aussi longtemps que tous les créanciers ne sont pas désintéressés

- Mise en souscription publique d'un emprunt par obligations nécessite l'émission d'un prospectus informant les investisseurs en détail sur les conditions de l'emprunt (articles 1156 et suivants du CO)
 - → taux d'intérêt
 - → prix d'émission
 - → durée
 - → délais de souscription et de libération
 - → description des risques
 - → garanties particulières
- Cet instrument permet de lever des fonds importants mais il est relativement lourd et coûteux à mettre en place → intervention des acteurs du marché financier et protection des investisseurs

8. Le financement par des fonds propres

- En cas de liquidation du SPV, les actionnaires ne perçoivent aucun produit de liquidation tant et aussi longtemps que tous les créanciers ne sont pas désintéressés
- Lors de la fondation du SPV, les actions sont émises au pair → à la valeur nominale
- Pour répondre au besoin de financement, le SPV augmente son capital-actions (articles 650 et suivants du CO)
- Les actions sont émises au-dessus du pair → agio = différence entre le prix auquel l'action est émise et sa valeur nominale
- D'autres titres de participation peuvent être émis par le SPV pour récolter des fonds → des bons de participations (articles 656a et suivants du CO) = ces bons de participation ne confèrent pas le droit de vote mais seulement des droits patrimoniaux

9. Quels sont les instruments les plus adaptés pour répondre aux phases d'investissement?

- Les besoins de financement et la réunion des compétences requises pour conduire le projet incitent les parties à mettre en place une entreprise commune
- Des personnes indépendantes décident de mettre en commun leurs ressources et/ou leur infrastructure pour exercer ensemble une activité déterminée
- L'entreprise commune se compose en 3 éléments:
 - → création d'un SPV ou conclusion d'un accord de coopération
 - → en cas de création d'une SA:
 - → conclusion d'un accord de base prenant la forme d'une convention d'actionnaires

- → conclusion de contrats satellites permettant la mise en place et le fonctionnement de l'entreprise commune
- SPV = création d'une nouvelle société dont le but est de réaliser le projet
- SPV permet en principe de limiter la responsabilité patrimoniale des actionnaires animateurs du projet à leur investissement dans l'entreprise commune ≠ responsabilité illimitée sur leur patrimoine
- Cette structure permet le financement du projet hors bilan des actionnaires sponsors → cela n'affecte pas leur capacité d'endettement

- Conclusion d'une convention d'actionnaires dans laquelle les parties décident de créer le SPV et déterminent son fonctionnement, ainsi que la manière dont les différentes phases du projet seront financées
- Contrat ayant pour objet l'exercice des droits de l'actionnaire ou des engagements auxquels s'obligent les parties en leur qualité d'actionnaires d'une société anonyme déterminée
- Instrument essentiel de coordination et de planification pour le fonctionnement du SPV et pour le financement du projet
- Sujets à régler en matière de financement de projet:
 - → exercice du droit de vote des actionnaires (droit de veto, majorités qualifiées, unanimité, etc.)
 - → composition du conseil d'administration
 - → droits d'acquiescer les actions et/ou obligations de vendre les actions
 - → mécanismes pour éviter les situations de blocage
 - → durée/prolongation en fonction du calendrier du projet
 - → droit applicable
 - → mode de résolution des litiges/for/arbitrage

- → détermination d'un budget, évaluation des coûts et fixation d'un calendrier par étapes
- → conditions d'entrée pour de nouveaux investisseurs
- → garanties et engagements supplémentaires éventuels des actionnaires
- → conséquences en cas de défaut d'un actionnaire
- → octroi éventuel de prêt(s) au SPV et fixation d'une capacité d'endettement
- → droit à l'information
- → tenue de la comptabilité
- → méthode de fixation du prix des actions en cas de sortie

10. Conclusion

- Il faut avoir une vue globale du projet à financer → une bonne compréhension des phases à franchir et des besoins financiers
- La planification financière joue un rôle essentiel (estimation des coûts, budgets prévisionnels pour chaque étape du projet, business plan, etc.)
- Les partenariats avec plusieurs acteurs aux différents stades de développement du projet sont incontournables (acteurs du capital-risque, partenaires actifs sur le marché de l'énergie, Etat, banques, assurances, etc.)
- Il faut trouver le bon équilibre en termes de:
 - → partenariat (entre partenaires financiers et partenaires opérationnels et/ou stratégiques)
 - → d'instruments financiers à utiliser en fonction des besoins et des coûts de financement

- Pour pérenniser un projet, la mise en place d'une entreprise commune est pratiquement inévitable
- S'entourer de personnes qualifiées pour planifier, mettre en œuvre et gérer le fonctionnement d'une telle entreprise commune est un gage essentiel du succès de vos futurs projets



Je vous remercie de votre attention

OLIVIER BLOCH
AVOCAT AU BARREAU
DOCTEUR EN DROIT, LL.M.
RUE DE NEUCHÂTEL 1
CASE POSTALE 4
1400 YVERDON-LES-BAINS
TEL : + 41 (0)24 / 425. 00.00
FAX : + 41 (0)24 / 425.01.10
olivier.bloch@blochavocat.com
www.blochavocat.com