



Rapport final (Présentations), 1. Mars 2013

Journée romande de la géothermie 2012

A quand une production d'électricité d'origine
géothermique en Suisse romande ?

Enjeux, défis et projets prometteurs en cours de
mise en place

Mandant:

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

Mandataire:

geothermie.ch – Antenne romande de la Société suisse pour la géothermie
Rue du Four 6
1400 Yverdon-les-Bains
www.geothermie.ch

Auteurs:

voir programme
Organisation :
André Freymond, andre.freymond@geothermie.ch
Stéphane Cattin, stephane.cattin@geothermie.ch

Responsable de domaine de l'OFEN: Gunter Siddiqi

Chef de programme de l'OFEN: Rudolf Minder

Numéro du contrat et du projet de l'OFEN: 500'800-01 / 500'800

Les auteurs de ce rapport portent seul la responsabilité de son contenu et de ses conclusions.

Journée romande de la géothermie 2012

A quand une production d'électricité d'origine géothermique en Suisse romande ?
Enjeux, défis et projets prometteurs en cours de mise en place.

Mardi 27 novembre 2012

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud - heig-vd
Route de Cheseaux 1 – 1400 Yverdon-les-Bains

Programme détaillé

Listes des participants, conférenciers et exposants

N.B. :

Quelques jours après la manifestation, les conférences seront téléchargeables sur Internet.

Les participants seront tenus informés par email.

Partenaires



SEVEN
Service de l'environnement
et de l'énergie



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 GOLD



sol-E
suisse

Solutions énergétiques durables
Soluzioni energetiche sostenibili
Nachhaltige Energielösungen
Une société du groupe FMB



Sponsors BRONZE



Organisation

geothermie.ch – Antenne romande de la Société suisse pour la géothermie
André Freymond et Stéphane Cattin – Rue du Four 6, 1400 Yverdon-les-Bains
Tél. 024 425 22 83, fax : 024 426 02 12
andre.freymond@geothermie.ch et stephane.cattin@geothermie.ch

Programme détaillé

	Thématique traitée	Timing	Intervenant	Horaire
	<i>Accueil des participants – Café, croissants, réseautage</i>			08:45-09:30
PDF	1. Ouverture de la manifestation par le Responsable de l'Antenne romande de la SSG et Message de bienvenue du Responsable de la formation continue de la heig-vd et doyen	10'	A. Freymond & F. Loi Zedda	09:30-09:40
PDF	2. Stratégie énergétique 2050 de la Confédération helvétique	15'	M. Muller	09:40-09:55
PDF	3. La géothermie profonde dans le cadre de la stratégie énergétique 2050	20'	R. Kobler	09:55-10:15
PDF	4. Forages géothermiques profonds – technologie de forage et aspects géologiques Retours d'expériences sur 10 ans de forages géothermiques réalisés dans le bassin munichois	50'	F. Mirjolet & K. Dorsch	10:15-11:05
	<i>Pause café, réseautage</i>			11:05-11:35
PDF	5. Développement de projets de géothermie profonde en Suisse: objectifs et stratégie d'Axp0 et projets en cours d'étude	25'	H. Fisch	11:35-12:00
PDF	6. Projet géothermique profond de Taufkirchen (D) : rôle de la caractérisation hydraulique du réservoir profond dans la définition des paramètres clés de la centrale géothermique	20'	H. Fisch	12:00-12:20
PDF	7. Combined Heat and Power Usage at the Taufkirchen (D) Geothermal Power Plant : Planning and Optimization	15'	Patrick Meier	12:20-12:35
	<i>Lunch, réseautage</i>			12:35-14:00
PDF	8. Objectifs et stratégie géothermie profonde de sol-E Suisse SA/Groupe FMB	30'	P. Vinard	14:00-14:30
PDF	9. Modèle géologique 3D, concept et stratégie de développement d'un réservoir géothermique profond dans la région d'Eclépens (VD)	30'	R. Arn & L. Tacher	14:30-15:00
PDF	10. Objectifs, stratégie et technologies de Geo-Energie Suisse SA pour un projet pilote de géothermie profonde en Suisse	30'	Peter Meier & O. Zingg	15:00-15:30
	<i>Pause café, réseautage</i>			15:30-16:00
PDF	11. Conditions-cadre actuelles et futures à des projets de géothermie profonde en Suisse	20'	P. Vinard	16:00-16:20
PDF	12. Synthèse	10'	R. Wyss	16:20-16:30
	<i>Informations et clôture de la manifestation – Apéritif</i>			16:30-17:30

Fabien LOI ZEDDA, Professeur et Doyen,
Chef du Département Formation Continue

Bienvenue à la heig-vd

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

heig-vd

Les HES en Suisse



- 7 HES publiques
- 2 HES privées
- 60'000 étudiant-e-s

- 1 seule HES pour toute la Suisse occidentale : la HES-SO

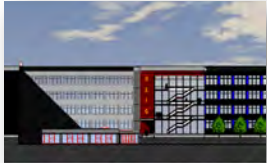
heig-vd

La HEIG-VD

• Le plus grand campus de la HES-SO



Cheseaux



St Roch



Y-Parc

heig-vd



La HEIG-VD : Qui sommes-nous?

1 Ecole

2 Domaines

- Ingénierie
- Economie d'entreprise

3 Sites

- Rte de Cheseaux
- Centre St-Roch
- Y-Parc

4 Missions

- Formation initiale (bachelor et master)
- Formation continue
- Recherche appliquée et développement (Ra&D)
- Relations internationales

heig-vd

Les formations à la HEIG-VD

- **9 Filières d'étude Bachelor of science HES-SO**

- Economie d'entreprise
- Microtechniques
- Systèmes industriels
- Génie électrique
- Informatique
- Télécommunications
- Géomatique
- Ingénierie des médias
- Ingénierie de gestion

- **1 classe préparatoire Future Ingénieure**

- **3 filières Master of science HES-SO**

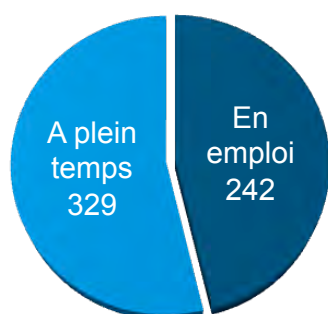
- MSE
- MIT
- MScBA

heig-vd

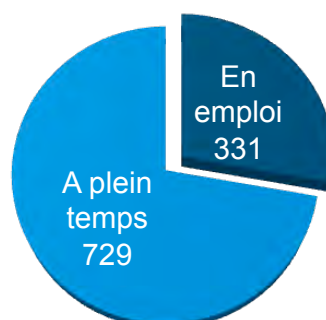
Les étudiant-e-s Bachelor à la HEIG-VD

En 2012 : 1631 étudiant-e-s en cursus Bachelor à la HEIG-VD
dont 35.1 % en formation en emploi, plus de 2000 avec les Masters et
les postgraduants du Dép. Formation Continue (350 env.)

Etudiant-e-s en économie d'entreprise



Etudiant-e-s en Ingénierie



heig-vd

La HEIG-VD, c'est aussi...

10 Instituts et 2 groupes de recherche

17 millions (en CHF) de projets de Ra&D

56 Formations postgraduées (CAS, DAS, MAS/EMBA)

59 Nationalités

68 millions (en CHF) de budget

700 Collaborateurs/trices dont 180 professeur-e-s

2'000 Etudiant-e-s, dont 1'600 étudiant-e-s bachelor

heig-vd

Les Instituts de Ra&D à la HEIG-VD

Les 12 instituts de Ra&D de la HEIG-VD sont de véritables moteurs d'innovation

- Plus de 200 contrats annuels avec le tissu économique
- 300 ingénieur-e-s et économistes impliqué-e-s dans les activités de Ra&D
- 11 start-up dont 2 nouvelles en 2012

heig-vd

Notre vision Nos valeurs

From knowledge to business

heig-vd

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

<http://www.heig-vd.ch>

Une université des sciences appliquées,

- leader dans la conduite du processus d'innovation,
- creuset interdisciplinaire pour l'émergence de nouvelles compétences individuelles et collectives,
- formant des professionnels ouverts et agissants face aux grands enjeux de la société,
- partenaire de choix du monde économique,

qui s'appuie sur les valeurs suivantes :

Audace et Pragmatisme

Respect et Ouverture

Engagement et Responsabilité

heig-vd

Des réalisations emblématiques

Planetsolar

- Modélisation énergétique, base du codage logiciel
- Logiciel de routage avec dimensions énergétiques intégrées dans les calculs



heig-vd

Merci de votre attention !

heig-vd



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Swiss Federal Office of Energy SFOE

Stratégie énergétique 2050: Concept, état actuel et étapes futures

Marc Muller, Office fédéral de l'énergie



Journée romande de la géothermie 2012 – 27.11.12 – Yverdon-les-Bains



Stratégie énergétique 2050: les grandes lignes





Les défis

- **Croissance démographique:** de l'énergie pour toujours plus de personnes
- **Infrastructure:** les centrales et les réseaux datent de plusieurs dizaines d'années; ils doivent être rénovés et développés indépendamment de la nouvelle stratégie énergétique
- **Sécurité de l'approvisionnement:** intégration de la Suisse dans la coopération internationale pour assurer l'approvisionnement en électricité, en gaz et en pétrole
- **Prix et marché:** tendance haussière des prix de l'énergie, garantir le choix des fournisseurs, préserver la compétitivité de l'économie suisse sur le plan international
- **Changement climatique:** émissions de CO₂ sous contrôle et début des effets du réchauffement climatique sur la production d'énergie indigène (force hydraulique) à partir de 2050
- **Un défi supplémentaire:** suite à Fukushima, s'y ajoute la sortie progressive de l'énergie nucléaire!

3



Les bases

- Conformément à la Constitution, **la Confédération définit les conditions-cadres** (art. 89)
- **L'approvisionnement énergétique** relève des entreprises de la branche énergétique (art. 4, al. 2, LEn)
- Décision du Conseil fédéral du 25 mai 2011: sortie progressive du nucléaire
- Le Parlement confirme cette décision
- L'OFEN a pour tâche d'élaborer une nouvelle stratégie énergétique



4



Stratégie énergétique 2050

1. Renforcement de l'efficacité énergétique

2. Développement des énergies renouvelables

- force hydraulique: +3,2 TWh (+centrales de pompage-turbinage pour l'intégration des nouvelles énergies renouvelables)
- nouvelles énergies renouvelables: exploitation des potentiels d'utilisation durable (24,2 TWh)

3. Couverture des besoins restants

- production d'électricité à partir d'énergies fossiles (CCF et CCC)
- importations



5



L'efficacité énergétique, élément clé de la nouvelle politique

Domaines d'application

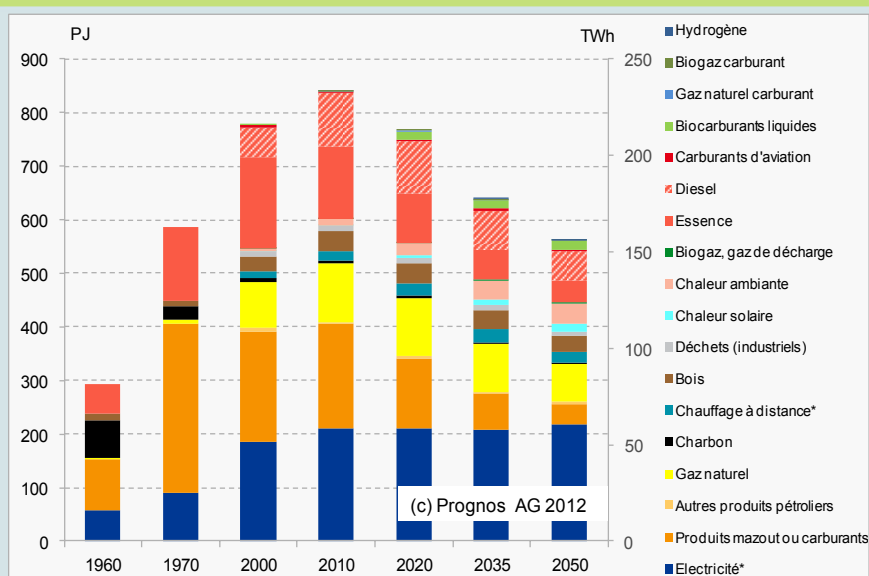
- Bâtiments
- Industrie et services
- Mobilité
- Appareils électriques
- Entreprises d'approvisionnement électrique



6



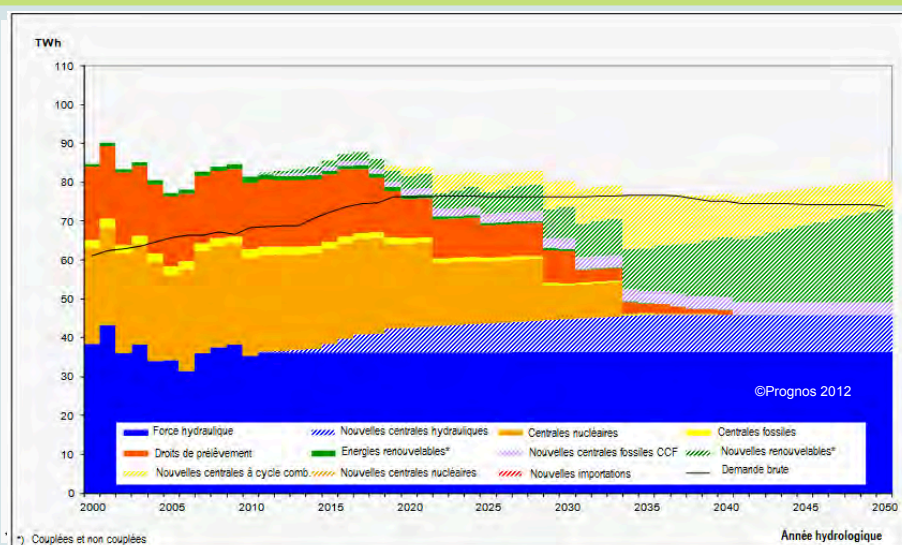
Le nouveau mix énergétique du paquet de mesures



7



La composition de l'offre d'électricité basée sur le paquet de mesures est réaliste

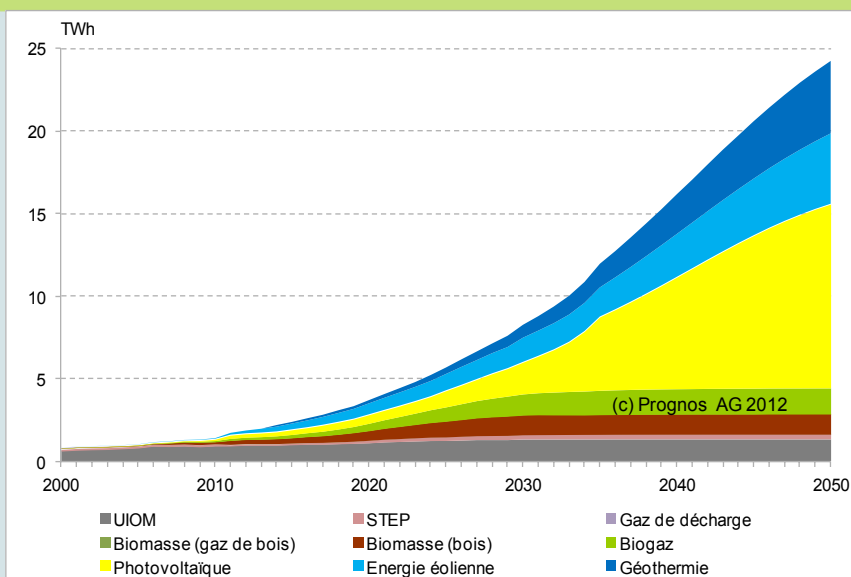


Source: Prognos 2012

8



La production d'électricité à partir de nouvelles énergies renouvelables est une stratégie à long terme



9



Les énergies renouvelables affichent un potentiel élevé; elles seront renforcées

Le soutien financier sera optimisé et étendu

Mesures supplémentaires:
Aménagement du territoire / délimitation de périmètres, intérêt national accordé aux énergies renouvelables



10



SuisseEnergie: partie intégrante de la stratégie énergétique 2050

- Toutes les mesures volontaires et toutes les mesures de soutien à la stratégie énergétique 2050 concernant l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables seront placées sous l'égide de **SuisseEnergie**
- SuisseEnergie est la plateforme centrale de la mise en réseau de tous les partenaires issus des secteurs de l'économie, de l'environnement, de la consommation et des pouvoirs publics (cantons, villes, communes)
- L'accent est mis sur la sensibilisation, l'information, les conseils, la formation et le perfectionnement (initiative en faveur de la formation) et l'assurance-qualité
- Le programme est renforcé (il passe de 26 à 55 millions de CHF par année).

11



Réseaux électriques: orientation générale

Transformation des réseaux en smart grids (paquet de mesures I)

- Exigences relatives à l'introduction de compteurs intelligents
- Exigences techniques minimales pour des systèmes de mesure intelligents
- Réglementation du financement des coûts

Accélération des procédures (paquet de mesures I)

- Introduction de délais d'ordre pour la procédure de plan sectoriel et la procédure d'approbation des plans
- Raccourcissement des procédures de recours (possibilité de recours auprès du Tribunal fédéral uniquement contre des décisions qui soulèvent des questions juridiques de principe)

Stratégie Réseaux électriques (dans un concept détaillé)

- But: conditions-cadres appropriées pour une transformation / une extension des réseaux en temps utile qui réponde aux besoins

12



Les coûts de la transformation sont supportables

- + Investissements dans l'efficacité
- Economies de coûts d'énergie et d'importations d'énergie
- + Coûts liés à l'accroissement des capacités de production
(ces coûts sont toutefois moins élevés avec une baisse de la demande)
- + Réseaux

= **39 milliards de francs au total**

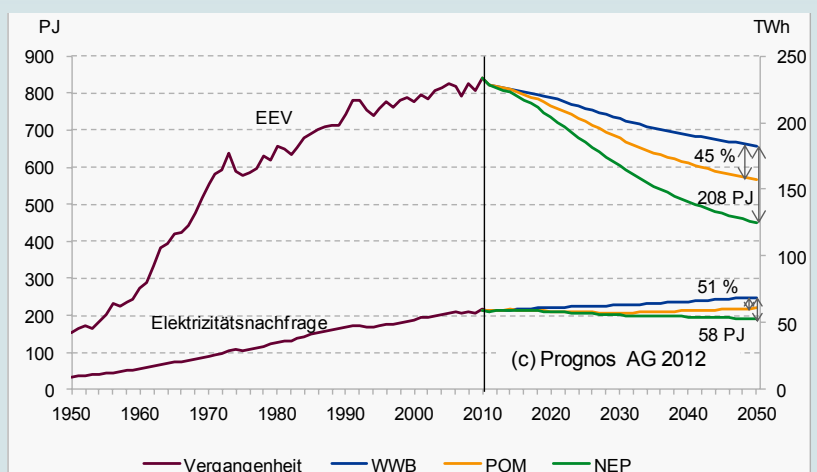
Variante d'offre C&E | Sources: Prognos 2012, Consentec 2012



13



Evolution de la consommation d'énergie et d'électricité dans les différents scénarios



Scénarios:

Poursuite de la politique actuelle (PPA)

Mesures politiques (PCF)

Nouvelle politique énergétique (NPE)

Abréviations:

EEV =

Consommation finale d'énergie

14



Stratégie énergétique 2050: étapes suivantes



15



Plan d'action Recherche énergétique: quatre axes principaux

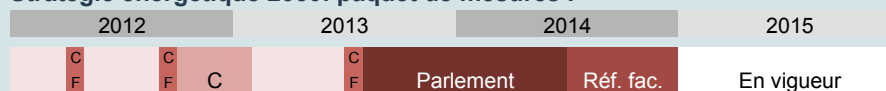
- Développement des capacités dans le domaine de la recherche énergétique (32 équipes d'ici 2016)**
- Mise en place de 7 centres de compétences**
 - efficacité
 - réseaux et leurs composants, systèmes énergétiques
 - stockage de l'électricité et de la chaleur
 - production d'électricité issue du renouvelable
 - économie, aspects juridiques, comportement
 - mobilité et industrie
 - biomasse
- Moyens de soutien compétitifs pour les projets de recherche (CTI)**
- Activités d'encouragement du FNS (PNR, PRN, professeurs boursiers)**

16

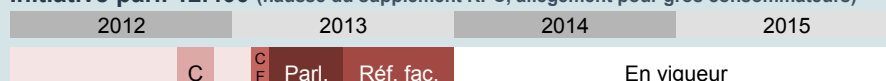


Stratégie énergétique 2050: calendrier actuel

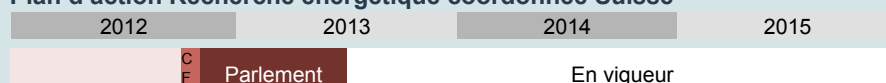
Stratégie énergétique 2050: paquet de mesures I



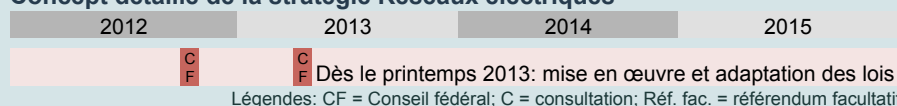
Initiative parl. 12.400 (hausse du supplément RPC, allègement pour gros consommateurs)



Plan d'action Recherche énergétique coordonnée Suisse



Concept détaillé de la stratégie Réseaux électriques



17



La voie choisie est praticable et réaliste!
Nous sommes ouverts à un débat constructif

www.strategieenergetique2050.ch
www.ofen.admin.ch



18



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Swiss Federal Office of Energy SFOE

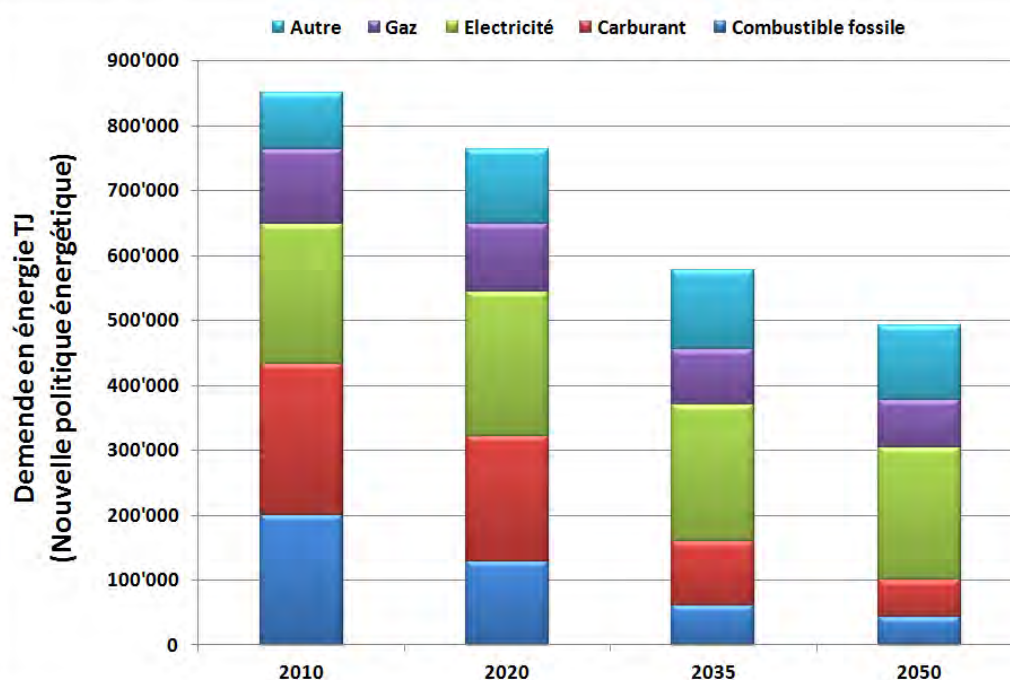
Développement de la géothermie profonde en Suisse dans le cadre de la stratégie énergétique 2050



Rita Kobler, Section énergies renouvelables, Journée romande de la géothermie 2012, 27 novembre 2012



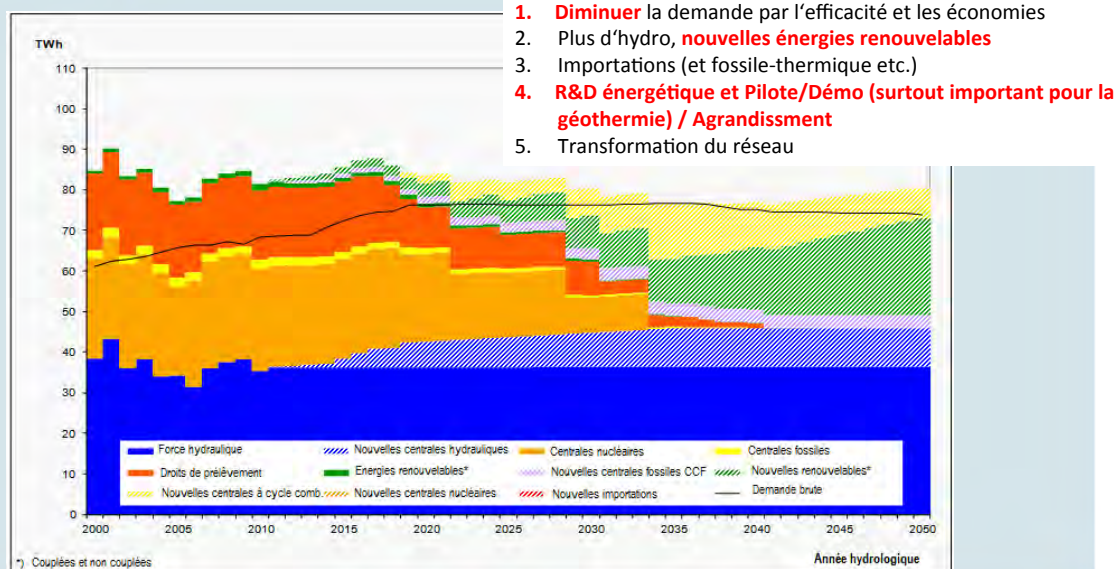
Perspectives de demande finale d'énergie



Source: Prognos 2011 et Office fédéral de l'énergie OFEN



Stratégie énergétique 2050: Demande et mise à disposition du courant

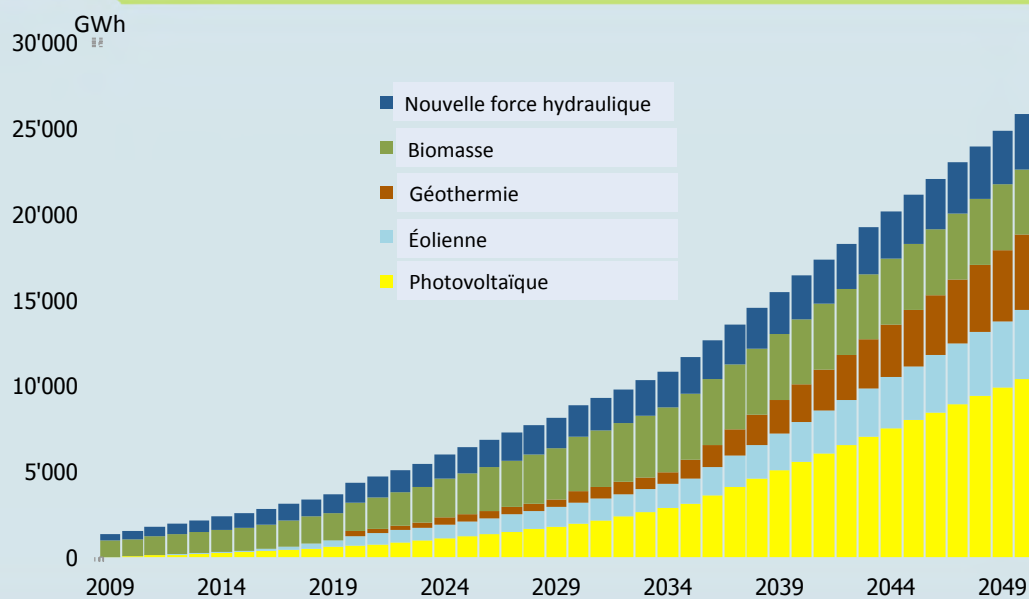


3

Quelle: Prognos 2012



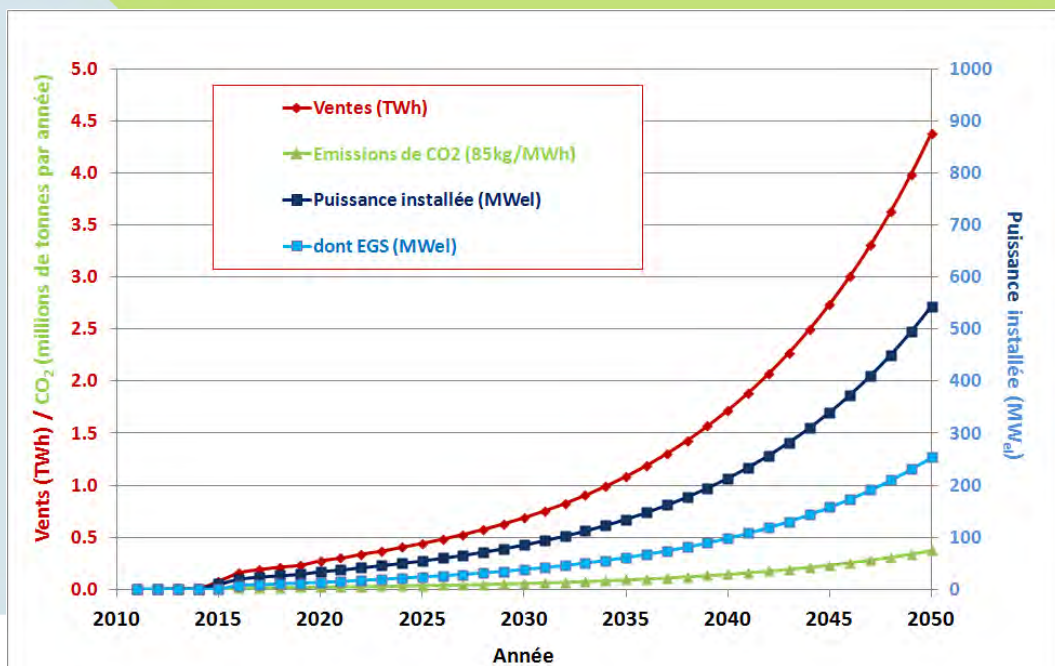
Du courant à partir d'énergies renouvelables— à long terme!



4



Scénario pour définir un programme de soutien: Croissance de la géothermie par hydrothermie et EGS

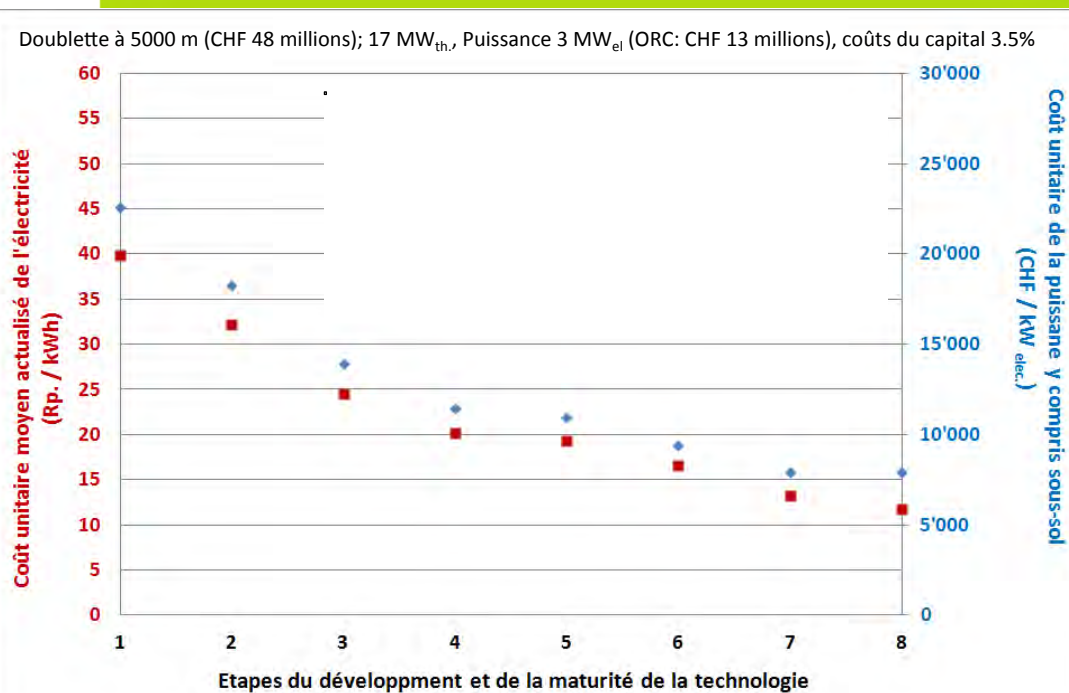


Source: Office fédéral de l'énergie OFEN

5



Evolution possible des coûts, pour devenir compétitif à l'avenir – géothermie hydrothermale





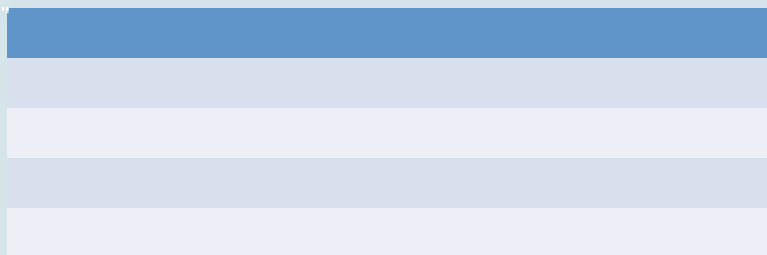
Soutien appuyé au parlement pour la géothermie

7



Politique de soutien 2012 – 2 éléments principaux

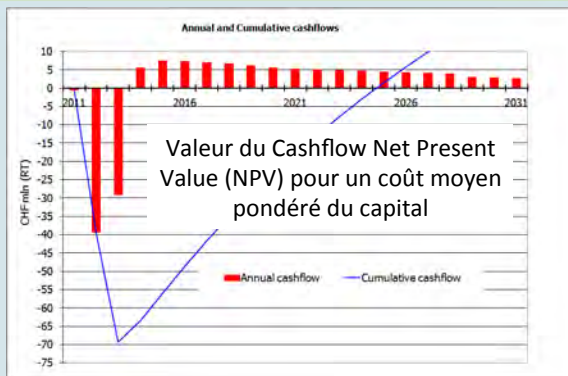
1. RPC (couverte)



8



Mesures d'encouragement aujourd'hui



9



Quelles sont les barrières susceptibles d'être contournées par des mesures de politique énergétique?

Idées directrices:

- Barrières principales
 - Exploration/découverte
 - Accessibilité du réservoir (EGS y compris)
 - Compétences/capacités des participants au marché
 - Protection juridique et sécurité de l'investissement
- Classes de risque
 - Technologique: approprié
 - Economique: approprié sous conditions
 - Commerciales: pas approprié
 - Organisationelle: peu approprié
 - Politique/sociale: approprié
- La Condédération fixe les conditions cadres, l'industrie met en oeuvre
- Coûts: que peuvent se permettre les consommateurs?

10



Augmentation du EMV, pour lever les entraves à l'investissement

Couverture du risque – Fonds de soutien:

- Campagnes d'exploration sur le terrain (par ex. MT, ρ , g, sismique, gradient T) sont prises en compte
- Couvertures maximales: 60% des coûts d'investissement
- Augmentations périodiques du fond de soutien (max. 10% des revenus annuels provenant des suppléments des consommateurs 0,45 ct./kWh à swissgrid)

Durée: au plus tard jusqu'à ce que le secteur privé (assurances) puisse offrir des solutions de couverture des risques, d'abord regional/cantonal, ensuite dans tout le pays; archivage obligatoire par swisstopo, centre de compétence de la Confédération pour la géoinformation

Tarifs de la rétribution à prix coûtant:

- pas d'augmentation pour les projets hydrothermaux
- cependant un supplément pour un projet EGS déclaré de 7,5 Ct./kWh

11



Conditions cadres sociales

GES1 – Offensive de communication et renforcement de l'association professionnelle geothermie.ch

GES2 – Règles et normes pour la protection juridique et sécurité de l'investissement & autorisation et surveillance

- Thème central de la table ronde 2012

GES3 – Processus d'autorisation uniformisé et accéléré

12



Augmentation de l'EMV: Rôle de la recherche & développement et des projets pilotes et de démonstration

Le plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération élaboré par la Commission fédérale pour la recherche énergétique CORE (2013-2016) est pertinent pour

- en particulier
 - Le domaine des EPF – ETH Zürich, EPF Lausanne; Institut de recherche: PSI, WSL, Empa, Eawag; et centres de compétence par ex. CCEM (Energie & Mobilité) et CCES (Environnement & Durabilité)
 - Hautes écoles spécialisées
 - Recherche sectorielle de la Confédération (par ex. Office fédéral de l'énergie)
 - SEFRI, FNS, CTI (Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation / Fonds national suisse / Commission pour la technologie et l'innovation)
- Mais aussi les universités cantonales
- http://www.bfe.admin.ch/themen/00519/index.html?lang=fr&dossier_id=00798
- Pour l'instant en phase d'impression

1. «Le plan d'action Recherche énergétique suisse coordonnée» établi sur demande du Groupe de travail interdépartemental (IDA) Energie (DFI – DFE – DETEC)

- Base d'un message spécial du Conseil fédéral pour la recherche énergétique Octobre 2012, complément au message pour la formation, la recherche et l'innovation FRI

<http://www.sbf.admin.ch/AktionsplanKoordinierteEnergieforschung.pdf>

13



«Plan directeur de la recherche énergétique 2013–2016 de la CORE (= Commission fédérale pour la recherche énergétique)»

4 Thèmes centraux:

Systèmes énergétiques de demain, Travail et habitat de demain, Processus (industriels) de demain, Mobilité de demain

Géothermie et exploitation énergétique des profondeurs du sol

- Description géologique tridimensionnelle du sous-sol profond
- Méthodes d'exploration et captage de nappes de chaleur au moyen de techniques de forage révolutionnaires
- Stimulation du champ de forage et du sous-sol en vue d'en accroître la perméabilité
- Gestion durable du réservoir
- Conversion efficace de l'énergie
- Diminution des coûts par une recherche systémique intégrale; processus et méthodes qui concernent la sécurité

14

Source: Commission fédérale de la recherche énergétique CORE



«Le plan d'action Recherche énergétique suisse coordonnée»

Décision du Conseil fédéral du
1 Juin 2012:

Points centraux du message:

- Envergure de Fr. 202 Mio.
- 7 centres de compétence
- 30 nouveaux groupes de chercheurs de hautes écoles
- 40 professeurs boursiers FNS»

Groupe de travail interdépartemental « Recherche énergétique »

Thèmes

5 Champs d'actions ↔ 11 domaines technologiques

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Efficacité • Production d'électricité • Systèmes, réseaux, transport • Stockage • Aspects socio-économiques et juridiques | <ul style="list-style-type: none"> • Efficacité énergétique • Centrales à gaz et à vapeur • Photovoltaïque • Géothermie • Biomasse/biogaz • Froid/chaleur solaire • Energie éolienne • Force hydraulique • Technique des procédés • Réseaux/systèmes électriques • Stockage |
|---|--|

« Relations systémiques »

15



«Le plan d'action Recherche énergétique suisse coordonnée»

1. Création de capacités supplémentaires en R&D pour la recherche énergétique dans le domaine des EPF, dans les HES et dans les universités par la constitution d'équipes de chercheurs
2. Création et exploitation de centres de compétence dans le domaine de l'énergie par
 - la consolidation et la réorientation et
 - Création de nouveaux centres dans les centres d'action définis.

3.4.2 b Recommandations pour des domaines de recherche nouveaux ou à renforcer, avec effet à long terme

a) Géothermie (systèmes pétrothermaux, procédés Hot Dry Rock, Enhanced Geothermal Systems)

- Exploration de réservoirs – méthodes géologiques, géophysiques et géochimiques d'exploration de réservoirs ; technologies de forage, réduction des coûts de forage, réduction des risques sismiques
- production du réservoir – c'est-à-dire augmentation par des techniques d'ingénierie de la porosité du réservoir d'un facteur > 10 à 1000, nouveaux procédés de stimulation
- Surveillance du réservoir – méthodes de modélisation du réservoir, instrumentation et contrôle de l'exploitation de la centrale
- Transformation plus efficace de l'énergie (rendement électrique supérieur)

16



Autres soutiens à la géothermie

Projets pilotes et de démonstration:

- Augmentation des budgets de l'Office fédéral de l'énergie pour les appels d'offres dans le domaine des énergies renouvelables (aussi géothermie)

Système d'information géothermique:

Similaire à Thermo GIS / Pays-Bas; GeotIS / Allemagne, et avec Swisstopo (centre de compétence de la Confédération pour la géoinformation)

A partir de 2020: Transformation du système de soutien vers un système incitatif

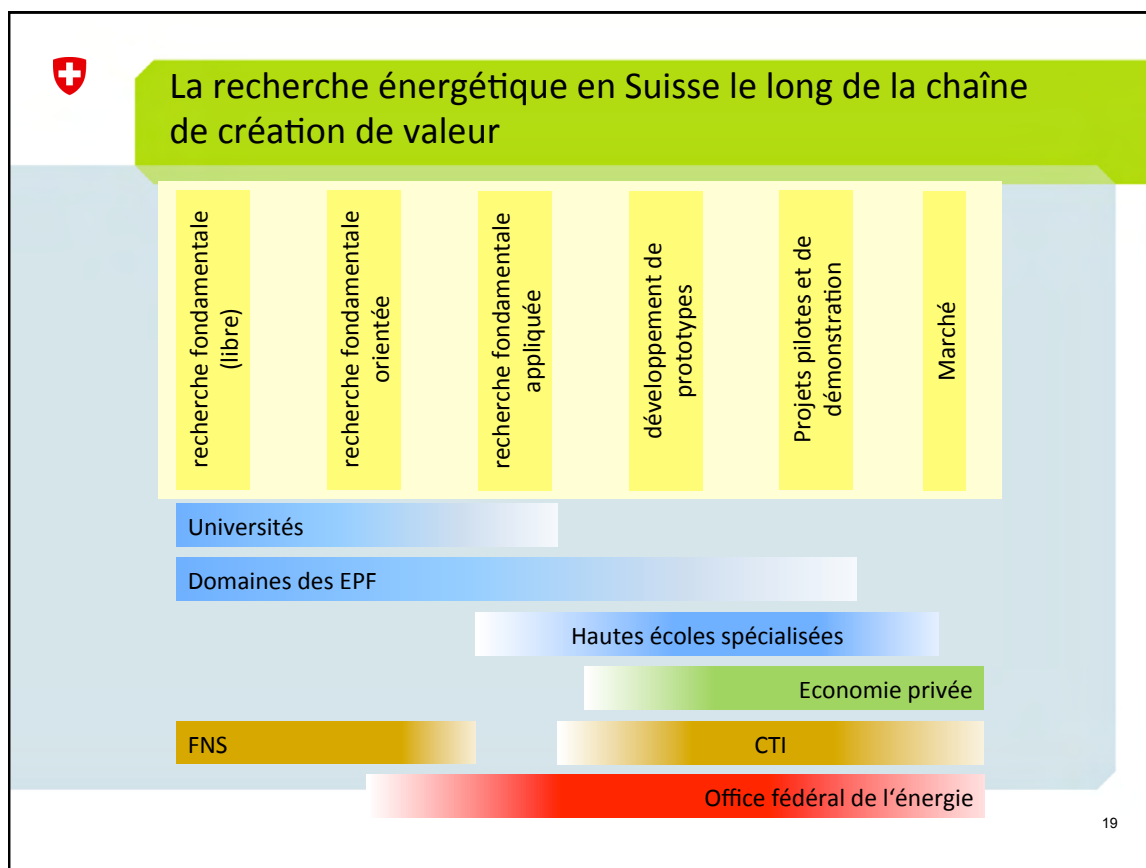
17



Merci beaucoup pour votre attention!



18



Retour sur dix années de forages géothermiques profonds réalisés dans le bassin munichois

Frédéric Mirjolet
Dr. Klaus Dorsch
René Stoyke



Hydrogeologie · Geothermie



Sommaire



- 1. Bilan actuel sur la géothermie profonde dans le bassin molassique allemand**
 - a. Évolution de la géothermie en Bavière depuis 2002
 - b. L'aquifère du Malm et évolution de la stratégie de prospection au cours des dernières années
 - c. Avancées dans le domaine des techniques de forage
- 2. Développement d'un projet de géothermie profonde: l'exemple de Pullach i. Isartal (2001-2011)**
- 3. Perspectives et avenir de la géothermie en Bavière**

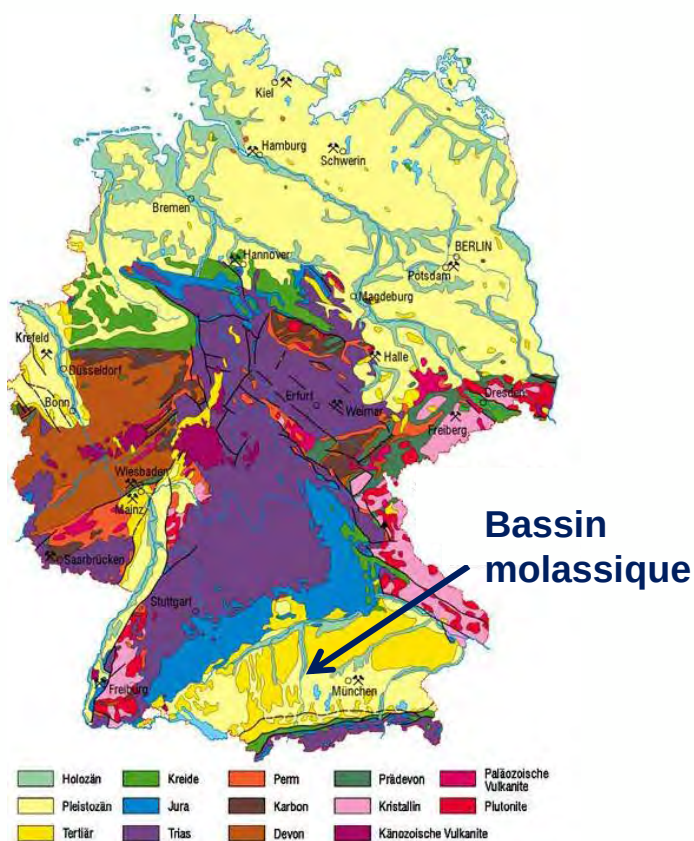
Evolution de la géothermie en Bavière depuis 2002

27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

3

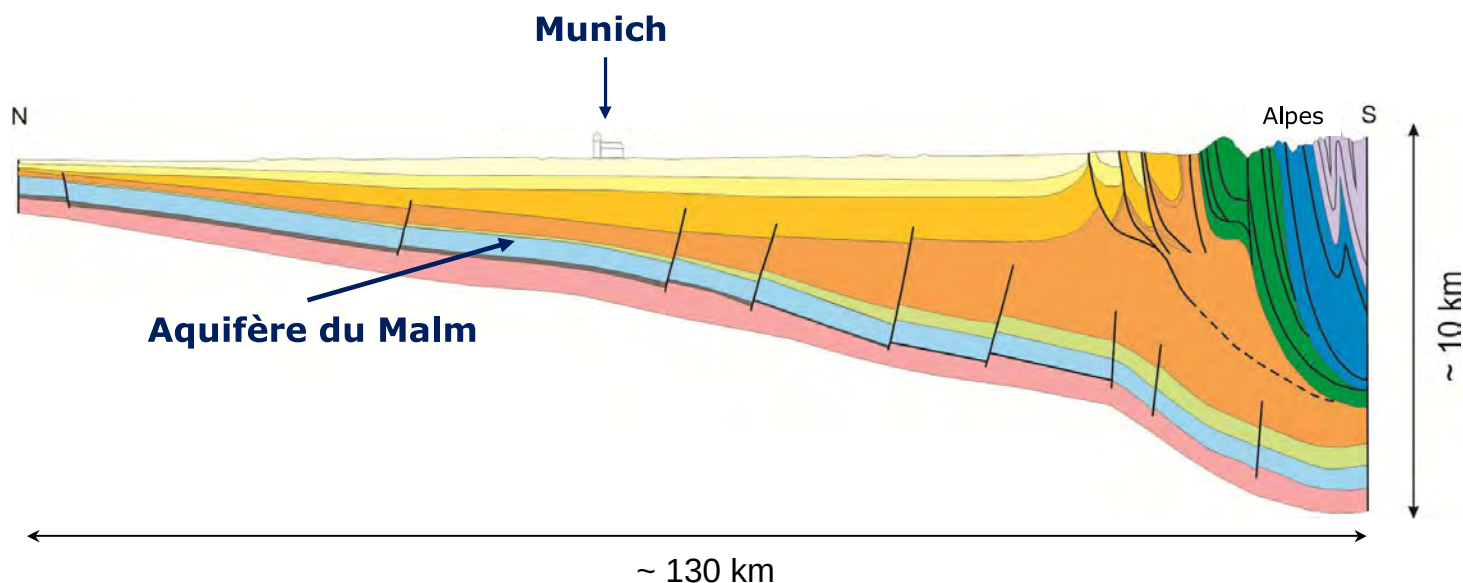
Bassin molassique de l'Allemagne du Sud



Source: ©BGR



Source: udo-leuschner.de



D'après: „Geologische Karte von Bayern 1:50000“, Bayerisches Geologisches Landesamt, 1996

27 Novembre 2012

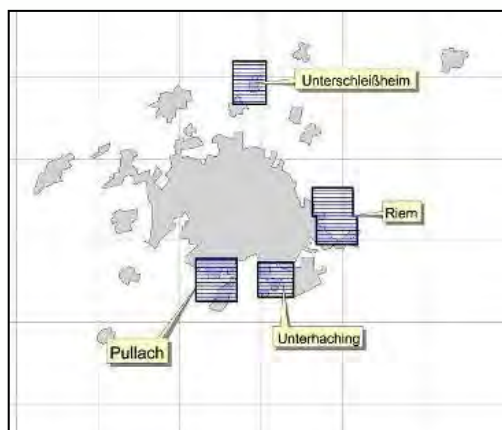
© ERDWERK GmbH 2012

5

Concessions géothermiques en Bavière du Sud



2002: 4 concessions



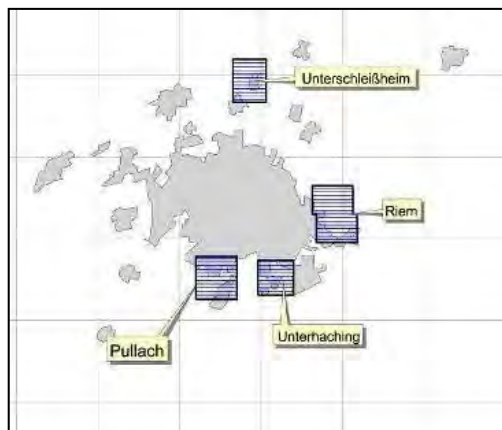
2003: „Rapport TAB“

La totalité du **potentiel géothermique** pour la **production d'électricité** en Allemagne correspond à environ 600 fois les besoins annuels allemands en électricité. Les roches cristallines représentent 95% de cette capacité, les zones de failles environ 4% et les aquifères d'eau chaude 1%.

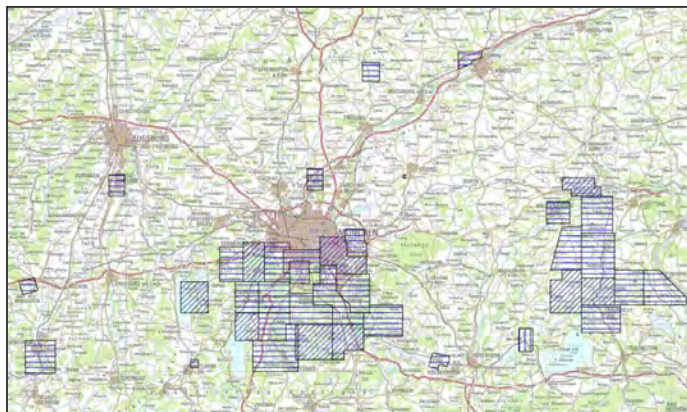
Même la capacité des ressources les plus restreintes (les aquifères d'eau chaude) équivaut toujours à environ cinq fois les besoins annuels allemands en électricité.

Extrait de: Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland (TAB-Arbeitsbericht Nr. 084. Berlin 2003)

2002: 4 concessions



2004: Plus de 40 concessions



27 Novembre 2012

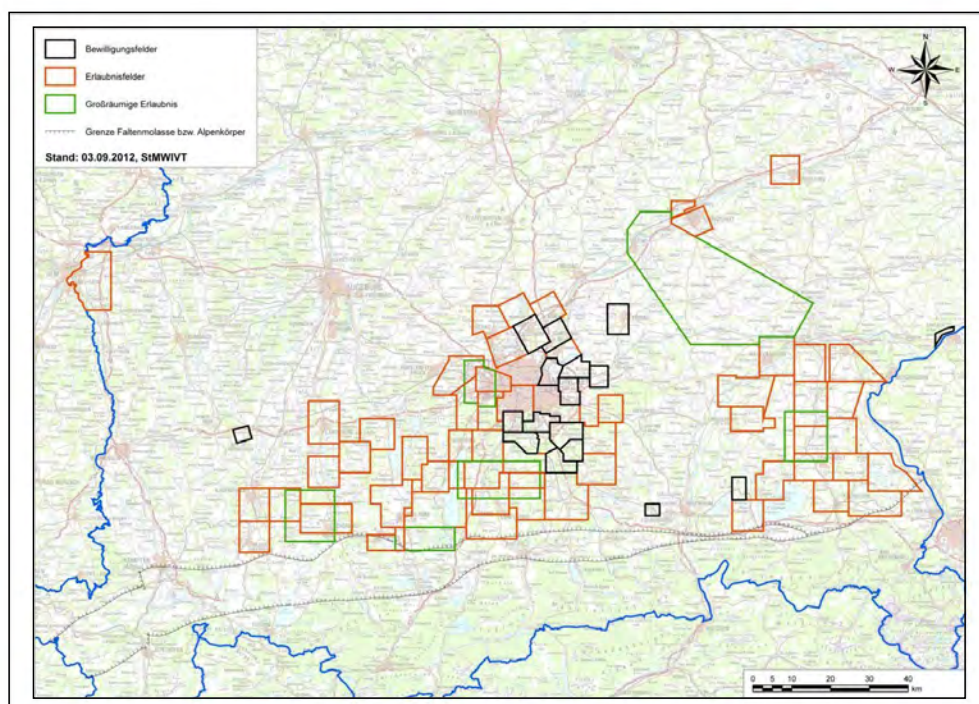
© ERDWERK GmbH 2012

7

Concessions géothermiques en Bavière du Sud



Actuellement: Plus de 80 concessions géothermiques



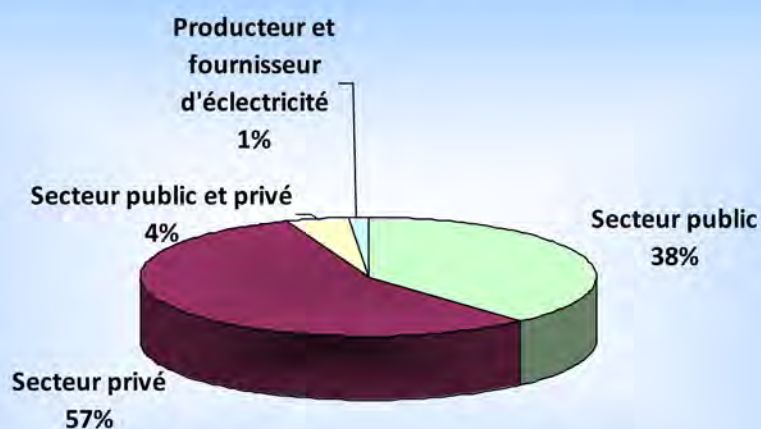
Source: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie 2012

27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

Répartition des propriétaires de concessions géothermiques par secteur d'activité



27 Novembre 2012

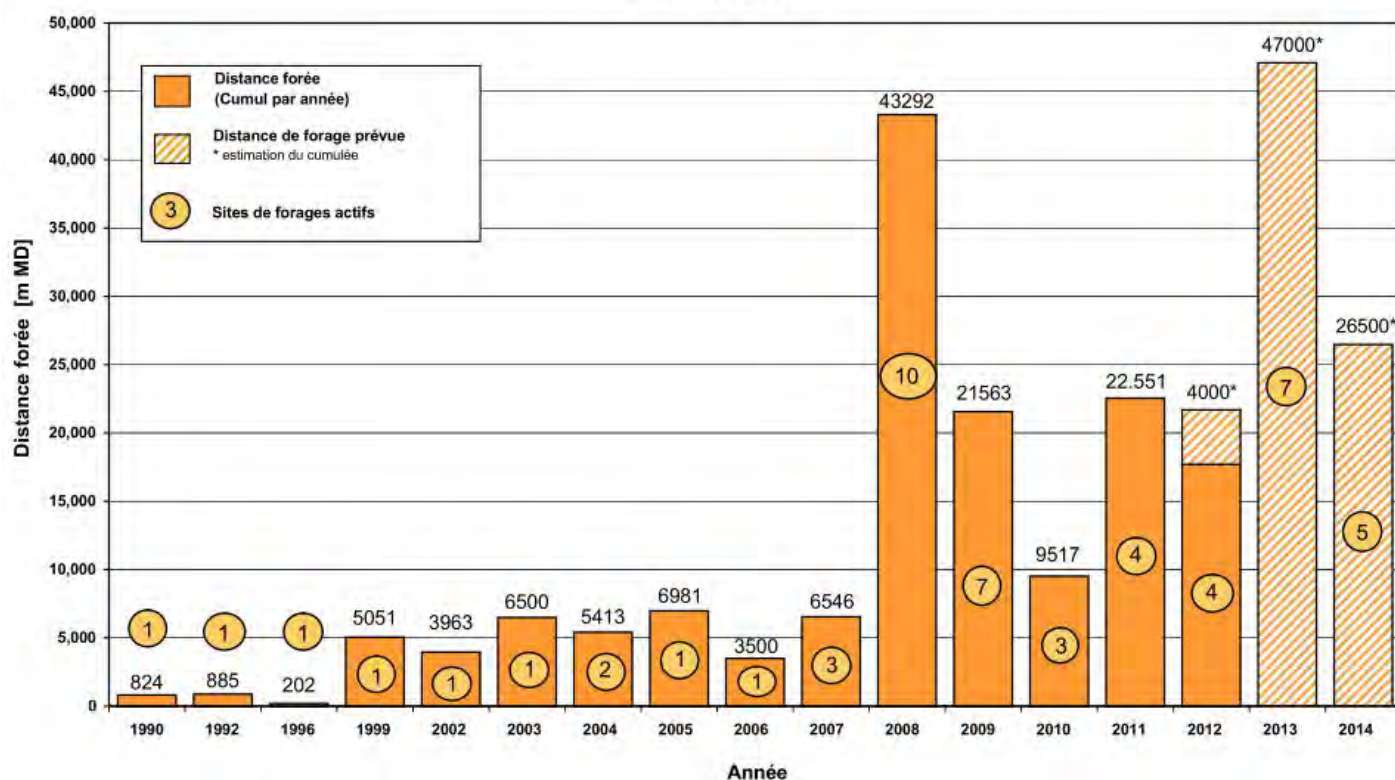
© ERDWERK GmbH 2012

9

Distance forée par an en Bavière



Evolution de la distance forée annuellement en Bavière dans le domaine de la géothermie (Novembre 2012)

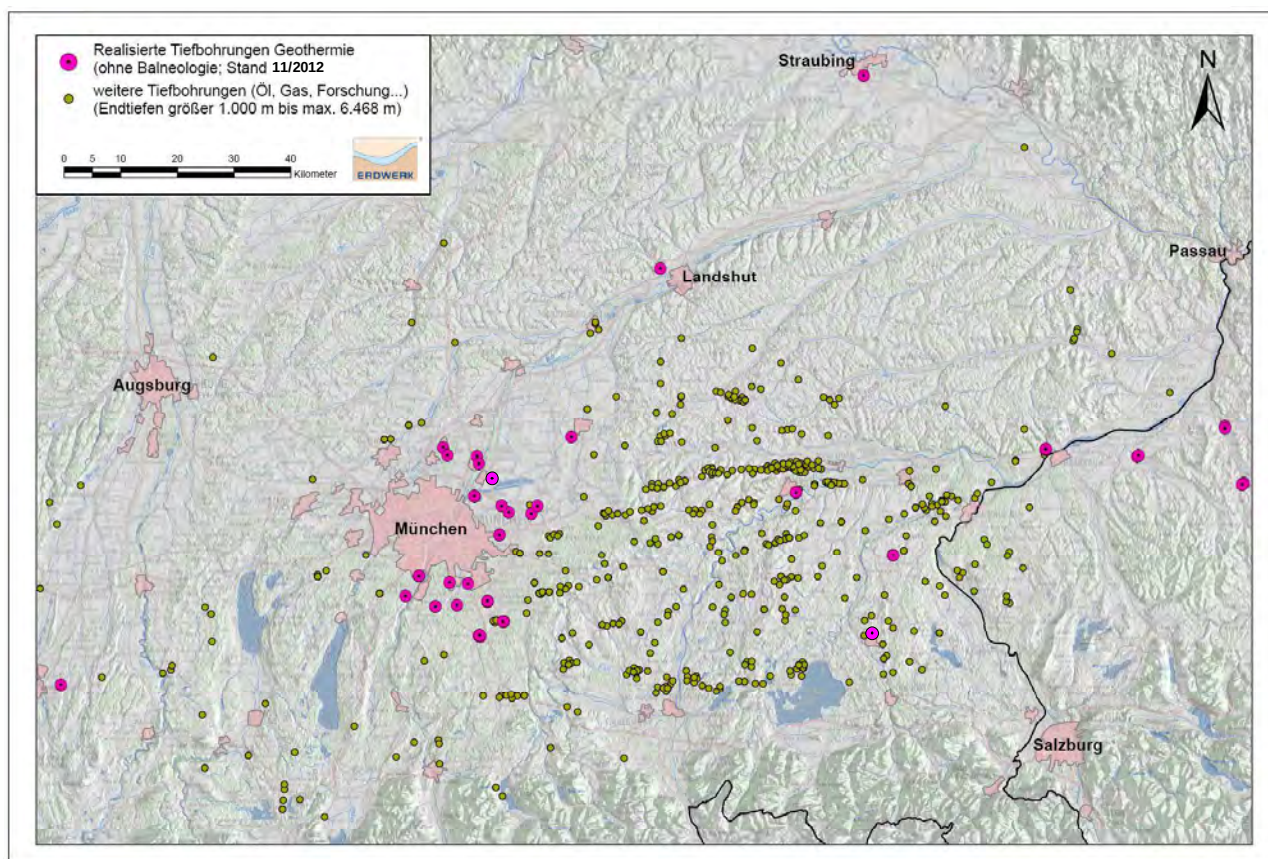


27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

10

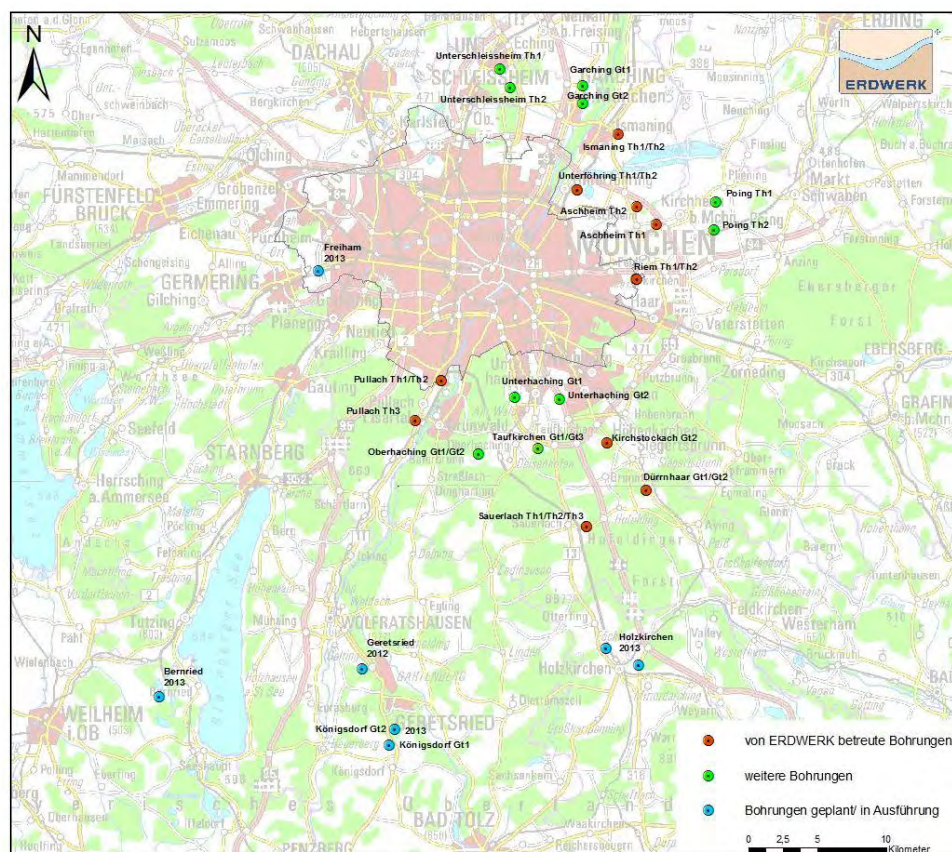


27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

11

Vue d'ensemble des puits géothermiques dans la région munichoise (au 01.11.12)



Chauffage urbain

München-Riem
Unterschleißheim
Pullach i. Isartal
Aschheim
Unterföhring
Garching
Poing
Ismaning (en construction)

Production d'électricité et chauffage urbain

Unterhaching (en activité)
Sauerlach (en construction)
Dürrenhaar (en construction)
Kirchstockach (en construction)
Oberhaching (en construction)
Kirchweidach (en construction)
Taufkirchen (en construction)

27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

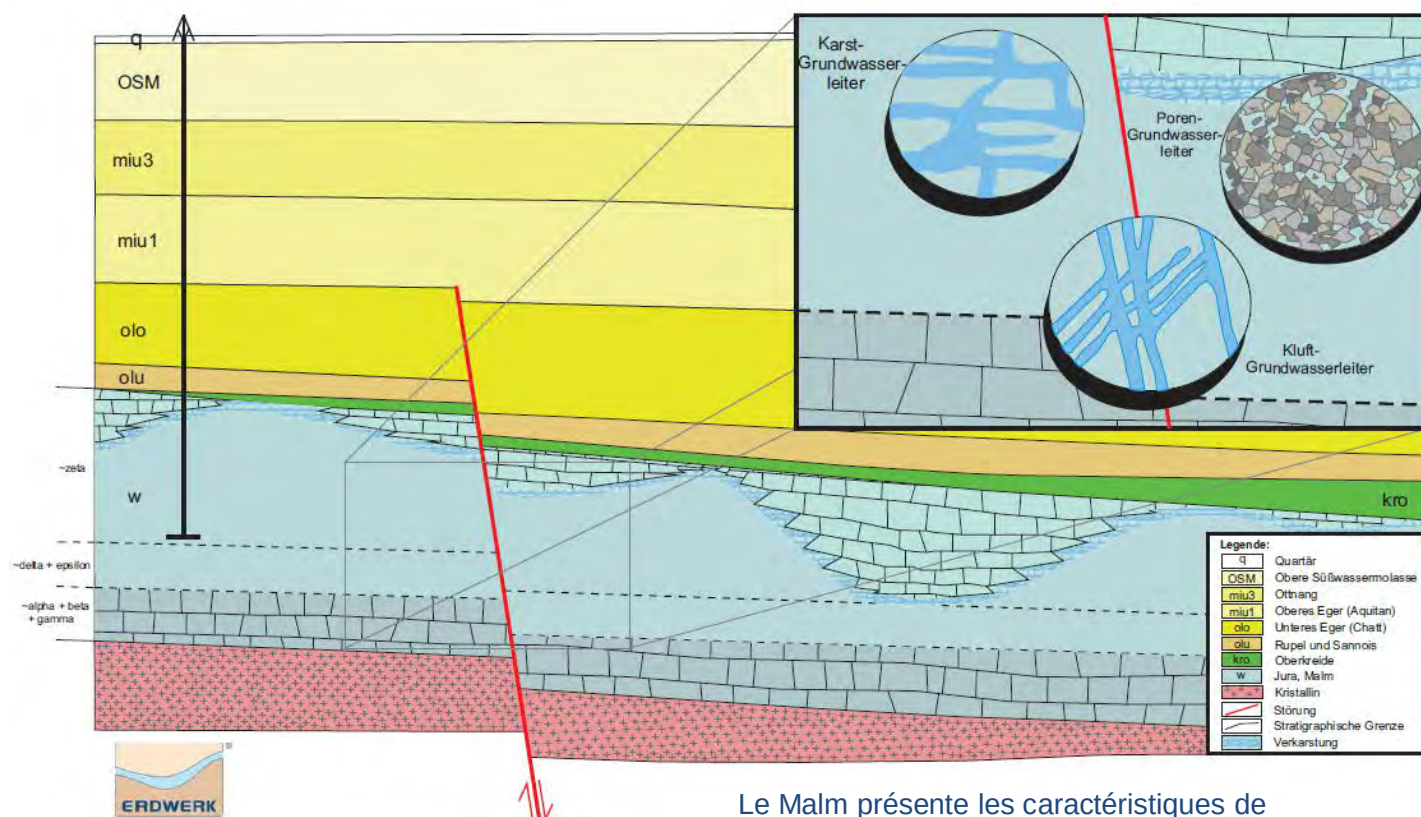
22 projets de géothermie profonde en Bavière !

155 000 mètres forés depuis 1990 !

Premier en Allemagne et en Europe centrale !

Géologie du Malm et évolution de la stratégie de prospection au cours des dernières années

Coupe géologique à travers le bassin molassique bavarois



Le Malm présente les caractéristiques de plusieurs types d'aquifères

27 Novembre 2012

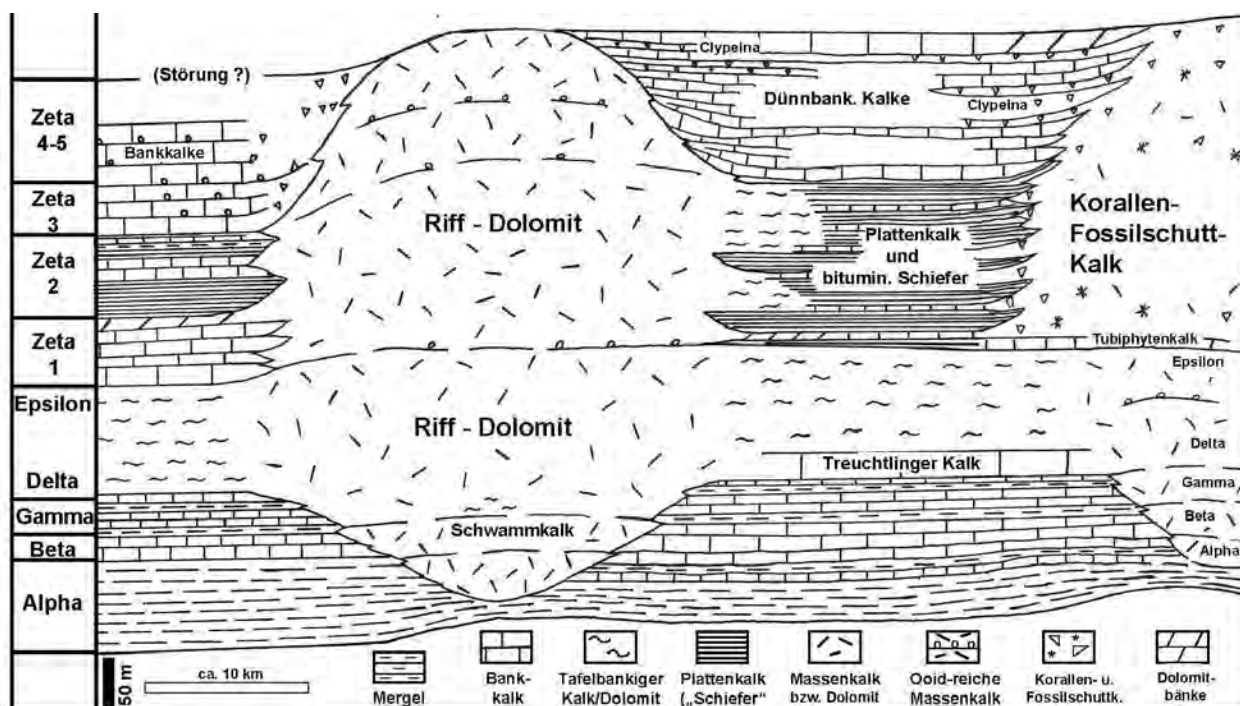
© ERDWERK GmbH 2012

15

Modèle lithostratigraphique du Malm



(d'après Mayer 1994)



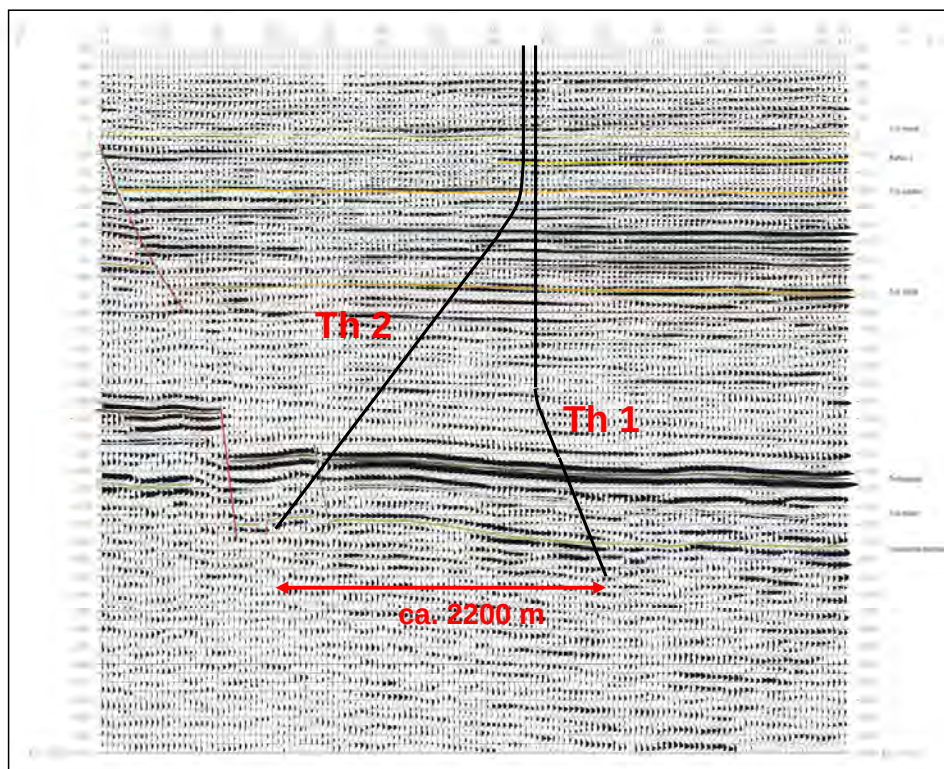
27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

16

- Interprétation de données sismiques 2D retravaillées
- Connaissances géologiques issues de forages pétroliers environnants
- Principal objectif de prospection: les failles
- Puits faiblement, voire moyennement déviés par rapport à la verticale



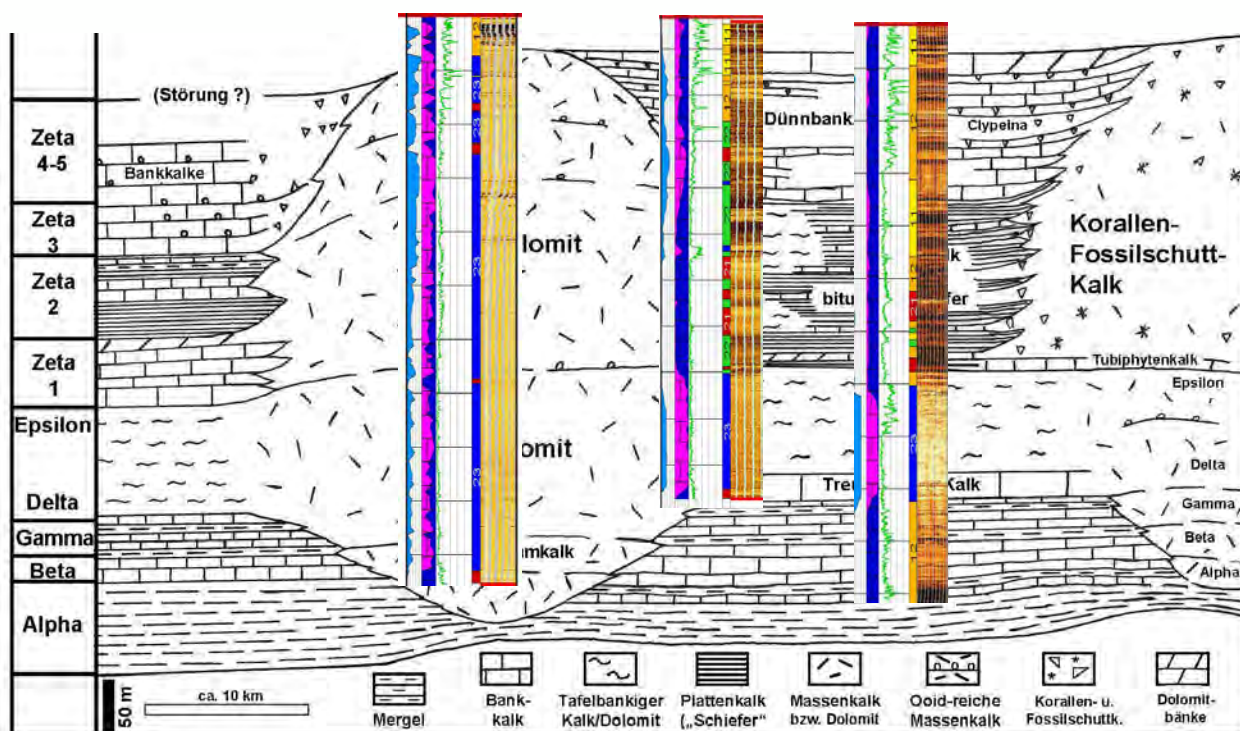
27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

17

Nouvelles découvertes autour du Malm: le type de faciès rencontré est déterminant dans la réussite d'un forage

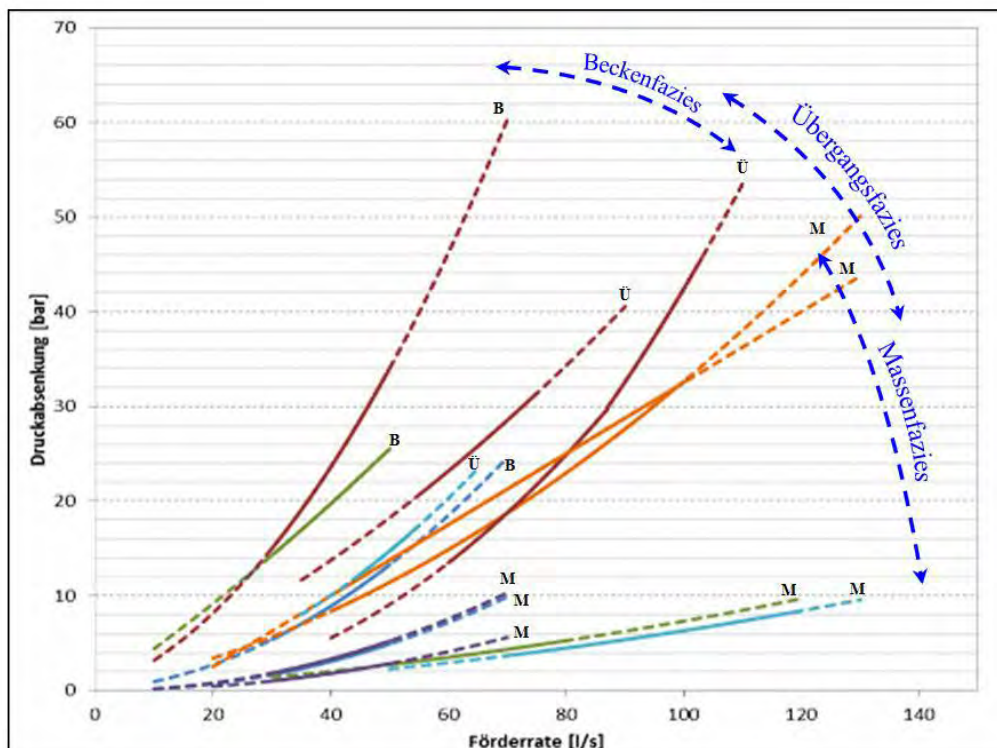
Evaluation de 16 forages géothermiques dans le bassin munichois dans le cadre d'un projet de recherche lancé par le BMU (ERDWERK / FU Berlin / TU München)



27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Evaluation de 16 forages géothermiques dans le bassin munichoïse dans le cadre d'un projet de recherche lancé par le BMU (ERDWERK / FU Berlin / TU München)



27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

19

Nouvelles découvertes autour du Malm: le type de faciès rencontré est déterminant dans la réussite d'un forage



- Le type de faciès (faciès de récif / faciès de bassin) détermine les caractéristiques hydrauliques de l'aquifère et ainsi la productivité des puits. Les calcaires massifs dolomités présentent en général des caractéristiques hydrauliques avantageuses, contrairement aux calcaires stratifiés
- Les failles facilitent la connexion entre aquifère et puits, mais jouent un rôle secondaire dans les caractéristiques hydrauliques de l'aquifère à l'échelle régionale
- On observe majoritairement un écoulement radial dans les puits géothermiques
- Les valeurs de perméabilité les plus élevées sont rencontrées dans les calcaires massifs dans les premiers 200m en partant du toit du Malm
- On n'a pu établir jusqu'à présent aucun lien entre profondeur et perméabilité. Néanmoins une diminution de la porosité et de la perméabilité avec la profondeur n'est pas à exclure

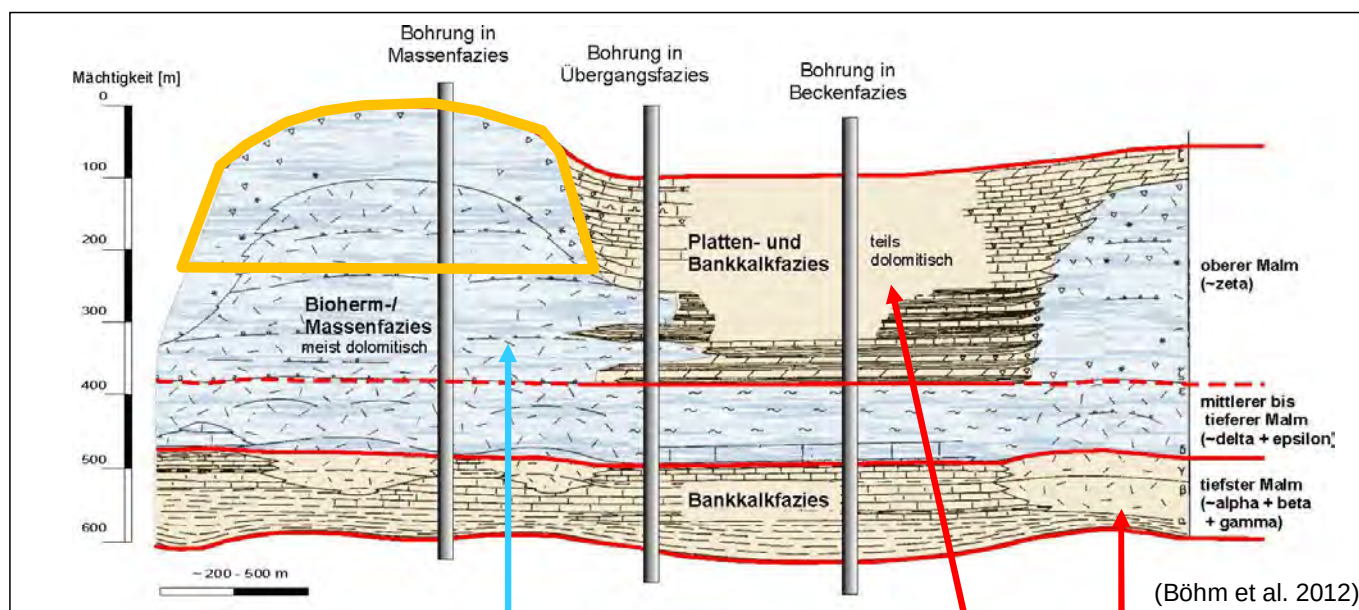
27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

20

Prospection optimisée par rapport aux faciès du Malm



Récif / calcaire massif
= poreux
= favorable

Bassin / calcaire stratifié
= imperméable
= défavorable

27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

21

**Auparavant: anciennes données
sismiques 2D retravaillées**



**Par la suite: nouvelles
campagnes sismiques 2D**

**Aujourd'hui: campagnes
sismiques 3D**



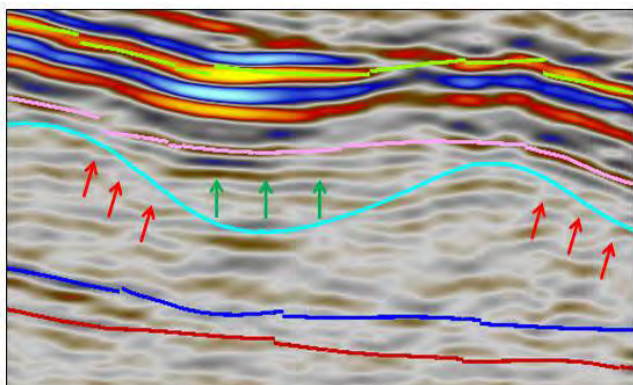
Source: Dr. Andreas Schuck (GGL)

27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

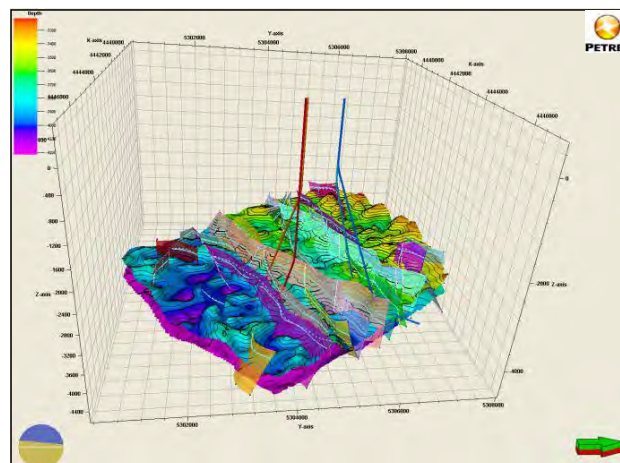
Construction d'un modèle hydrogéologique 3D

- Prise en compte d'un savoir géologique régional et d'études analogiques
- Intégration de connaissances géologiques issues des forages pétroliers et géothermiques environnants (diagraphies, inventaire des couches)
- Interprétation des données sismiques 3D (stratigraphie, failles, délimitation des calcaires dolomitisés) en s'appuyant sur des analyses d'attributs sismiques

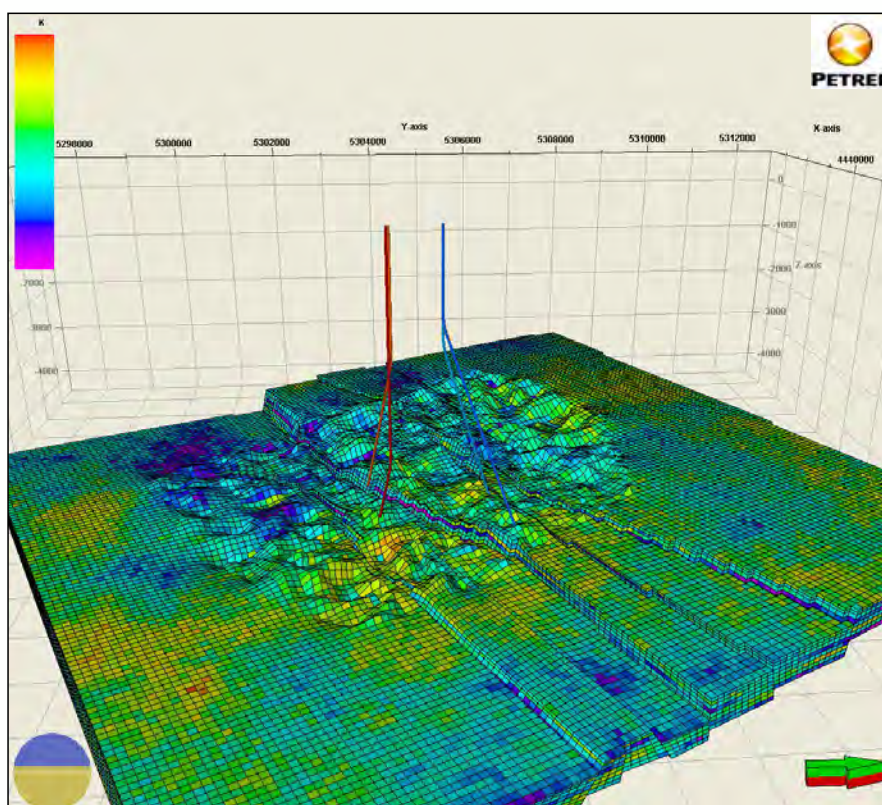


Calcaires stratifiés

Limite supérieure des calcaires massifs

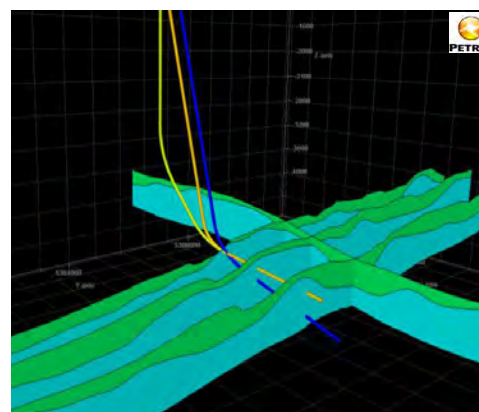
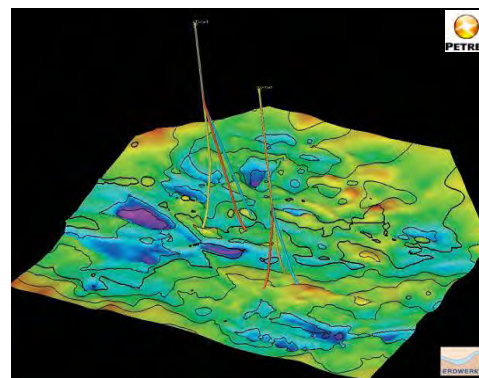
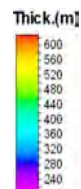


Construction d'un modèle hydrogéologique 3D



Planification de la trajectoire de forage en fonction des faciès du Malm et focalisée sur l'optimisation de la productivité et la minimisation des risques

- Cibles: les récifs, et de manière générale les zones constituées majoritairement de calcaires massifs (vert - jaune - rouge)
- Forer du compartiment supérieur d'une faille vers le compartiment inférieur
- Traverser ou longer si possible les failles pouvant présenter des espaces karstifiés
- Très forte inclinaison (pouvant aller jusqu'à l'horizontale) de la trajectoire de puits dans la partie productive du Malm (calcaires massifs)



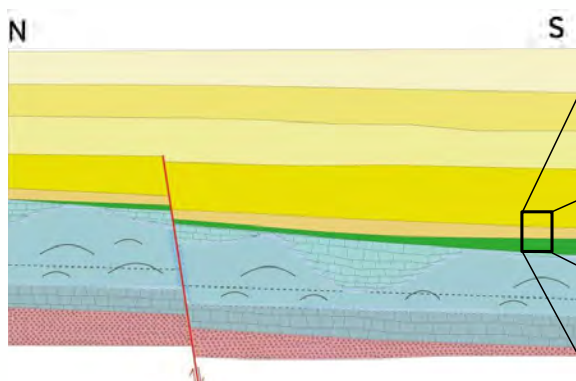
Avancées dans le domaine des techniques de forage

Notre principale zone à problèmes



Cénozoïque inférieur / Crétacé

De nombreux forages furent abandonnés ici



- Fortes variations lithologiques
- Présence d'hydrocarbures
- Forages en général inclinés dans cette zone

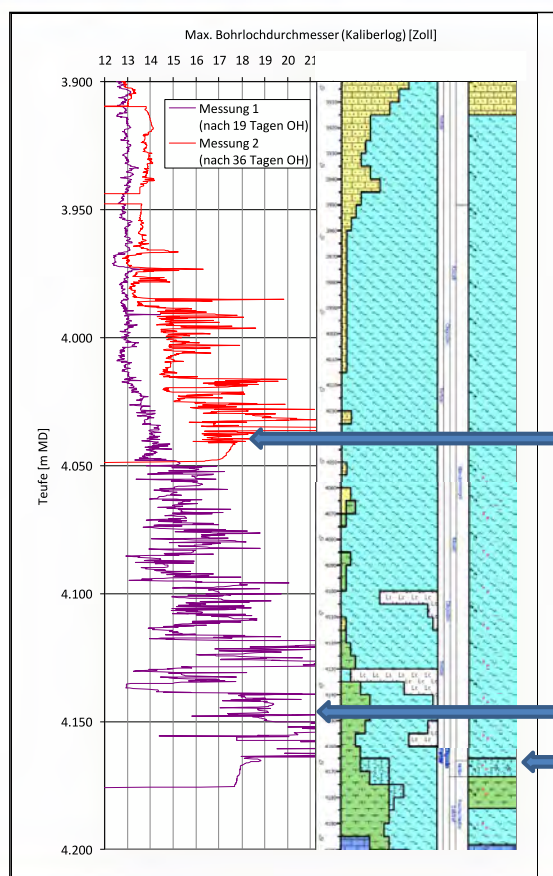
System	Serie	Stufe	Formation
Tertiär	Oberoligozän	Unteres Eger [Chatt]	Oberer Nonnenwalder Glassand (terrestrisch)
			Schwaiger Schichten (brakisch)
			Unterer Nonnenwalder Glassand (terrestrisch)
			Untere Bunte Molasse (USM) / Cyrenen-Schichten (UBM)
			Bausteinschichten (USM)
	Unteroligozän	Kiscell [Rupel]	Tonmergel (UMM)
Kreide	Unterkreide	Cenoman	Bändermergel (UMM)
			Sannois-Fischschiefer (UMM)
			Lithothamnienkalk
			Basissandstein
	Eozän	Priabon	
Schichtbrüche, Transgression			
Kreide	Oberkreide	Apt/Alb	Mergelkalkstein (Seewerkalk)
			Gaultsandstein
Kreide	Unterkreide	Valangin / Hauterive	
Kreide	Unterkreide	Berrias	Purbeck

27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

27

Zone critique: l'exemple du Rupélien (instabilité des parois de puits)



Rupélien – Marnes argileuses

Formation argileuse avec localement des zones en surpression

- Important élargissement du diamètre de puits
- Dégradation avec le temps
- Conséquence => le puits n'est plus praticable (effrittement des parois du puits / perte du puits)

Élargissement du diamètre après 17 jours supplémentaires

Important élargissement du diamètre après 19 jours
Calcaire marneux clair (diamètre constant)

27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

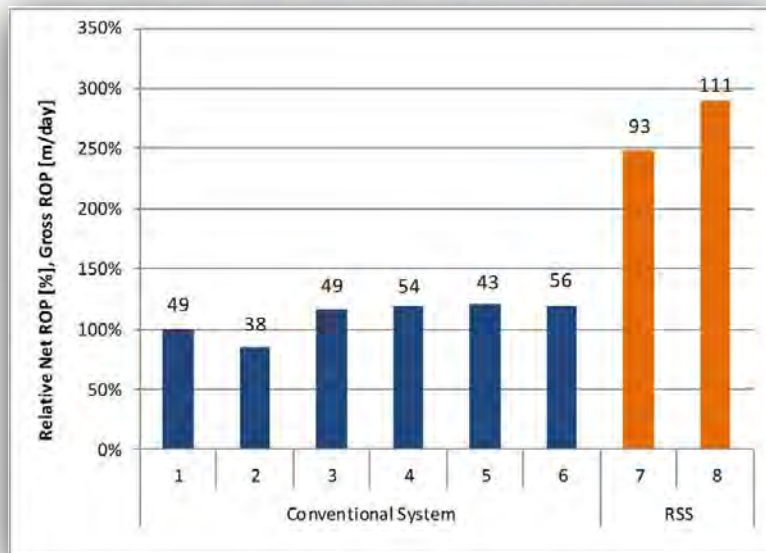
Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

28

Solutions envisageables pour minimiser les risques



- Excellente planification préalable
- Règle générale: faire simple en employant les techniques standards actuelles
- Facteur temps => forer et tuber rapidement la zone critique => très bons résultats obtenus avec l'outil **RotarySteerableSystem** (ex: Pullach Th3, Kirchstockach, Ismaning)



- Ce n'est pas une solution magique (commune dans l'industrie pétrolière)
- Le système a son prix
- Gain de temps
- En général réduction des coûts
- Réduction des risques techniques

Solutions envisageables pour minimiser les risques



- Excellente planification préalable
- Règle générale: faire simple en employant les techniques standards actuelles
- Facteur temps => forer et tuber rapidement la zone critique => très bons résultats obtenus avec l'outil **RotarySteerableSystem** (ex: Pullach Th3, Kirchstockach, Ismaning)

- ✓ très bonne vitesse de progression (qui justifie en général à elle seule les coûts plus élevés)
- ✓ pas de calages (implique une diminution de l'usure du moteur)
- ✓ usure plus lente de l'outil de forage
- ✓ trajectoire de puits régulière
- ✓ diamètre des parois de puits plus constant => implique de meilleures conditions de cimentation et de cuvelage et une meilleure qualité des diagraphies
- ✓ Réduction du risque de „differential sticking“
- ✓ Réduction du risque d'instabilité des parois de puits (temps, diamètre de puits)

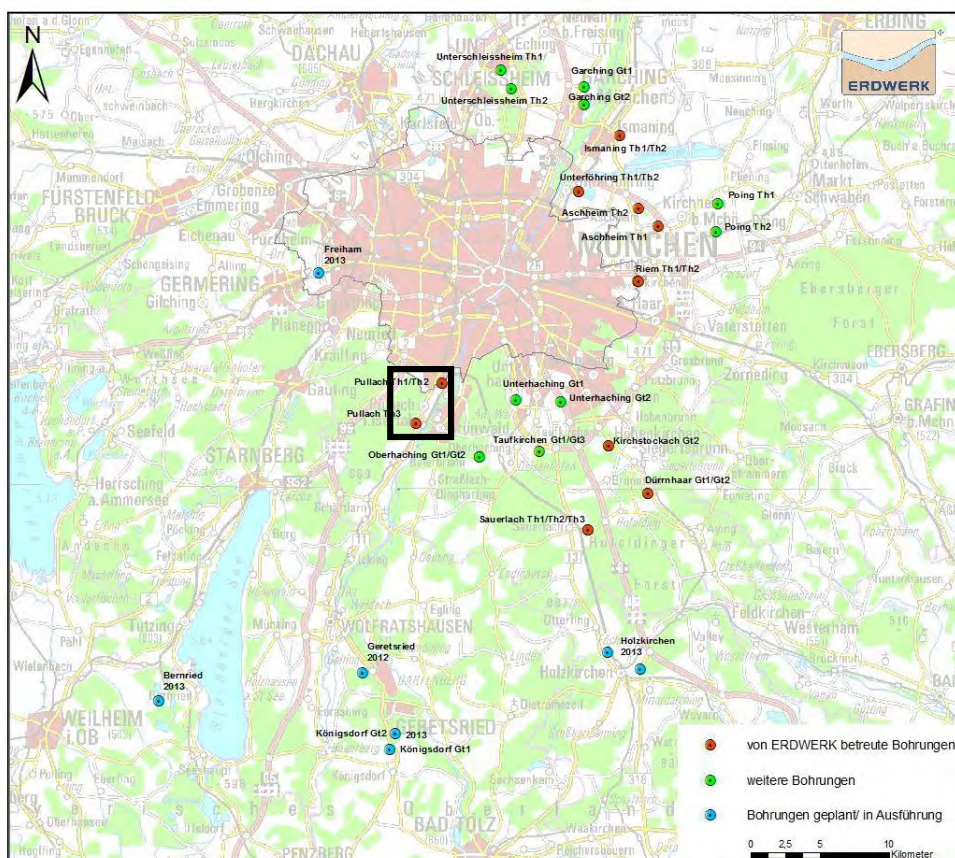
Développement d'un projet de géothermie profonde: l'exemple de Pullach i. Isartal (2001-2011)

27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

31

Localisation de Pullach i. Isartal



27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

32

- **2001:** Intimation du droit à l'exploration géothermique
- **2003:** Traitement de données sismiques 2D et interprétation
- **2004/2005:** Travaux de forage du doublet Th1/Th2
- **Hiver 2005:** Mise en service de la centrale géothermique
- **2009:** Réalisation et interprétation d'une nouvelle sismique 2D
- **Été 2010:** Appel d'offres et attribution des opérations de forage pour le forage Th3
- **Janvier 2011:** Début du forage Th3
- **Avril 2011:** Clotûre des travaux de forage
- **Automne 2011:** Mise en service du triplet

27 Novembre 2012

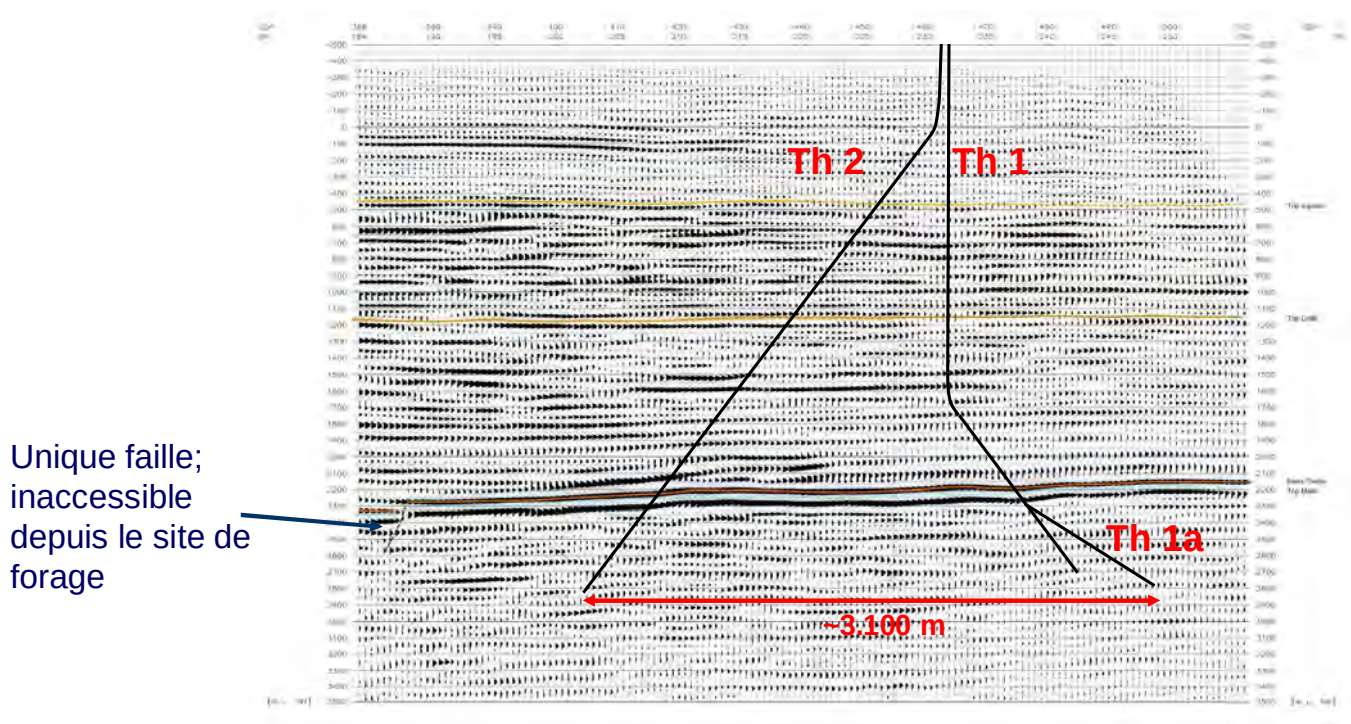
© ERDWERK GmbH 2012

33

Reprocessing d'anciennes données sismiques 2D



Pullach: Profil 2D après traitement des données



27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

34

Rig de forage Pullach Th1/Th2: ITAG Rig 23



- ITAG: Rig 23 – Oilwell E-2000
- Charge normale: 454 t
- **Top Drive**
- Pompes pour fluides: 2 x 1250 kW
- Approvisionnement énergétique: 100% électrique



27 Novembre 2012

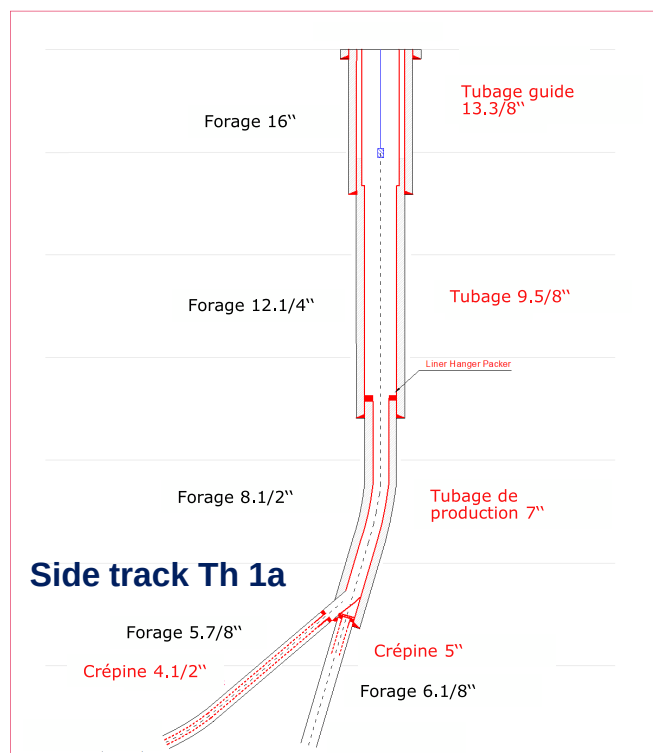
© ERDWERK GmbH 2012

35

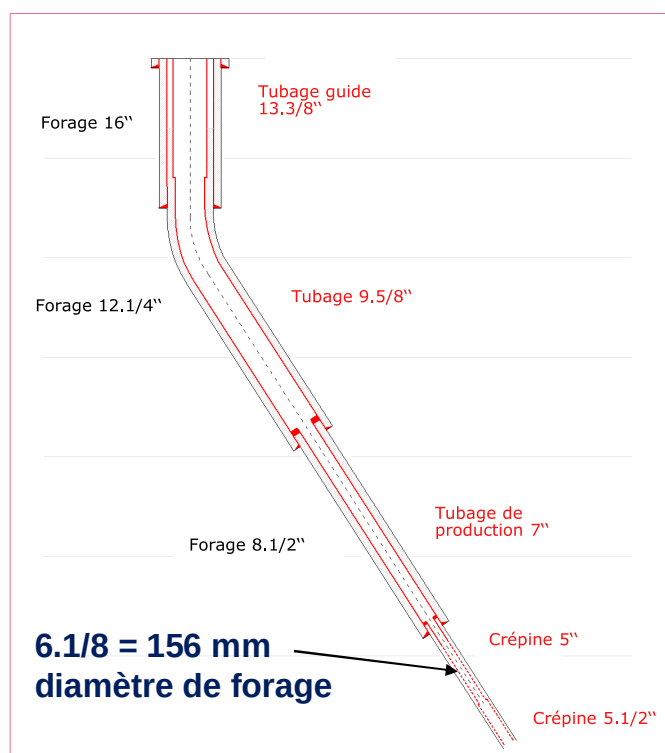
Schéma de développement des puits Pullach Th1/Th2



Pullach Th 1 / 1a



Pullach Th 2



27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

36

Déplacement du rig de forage à l'aide de vérins hydrauliques



27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

37

Centrale géothermique de Pullach im Isartal





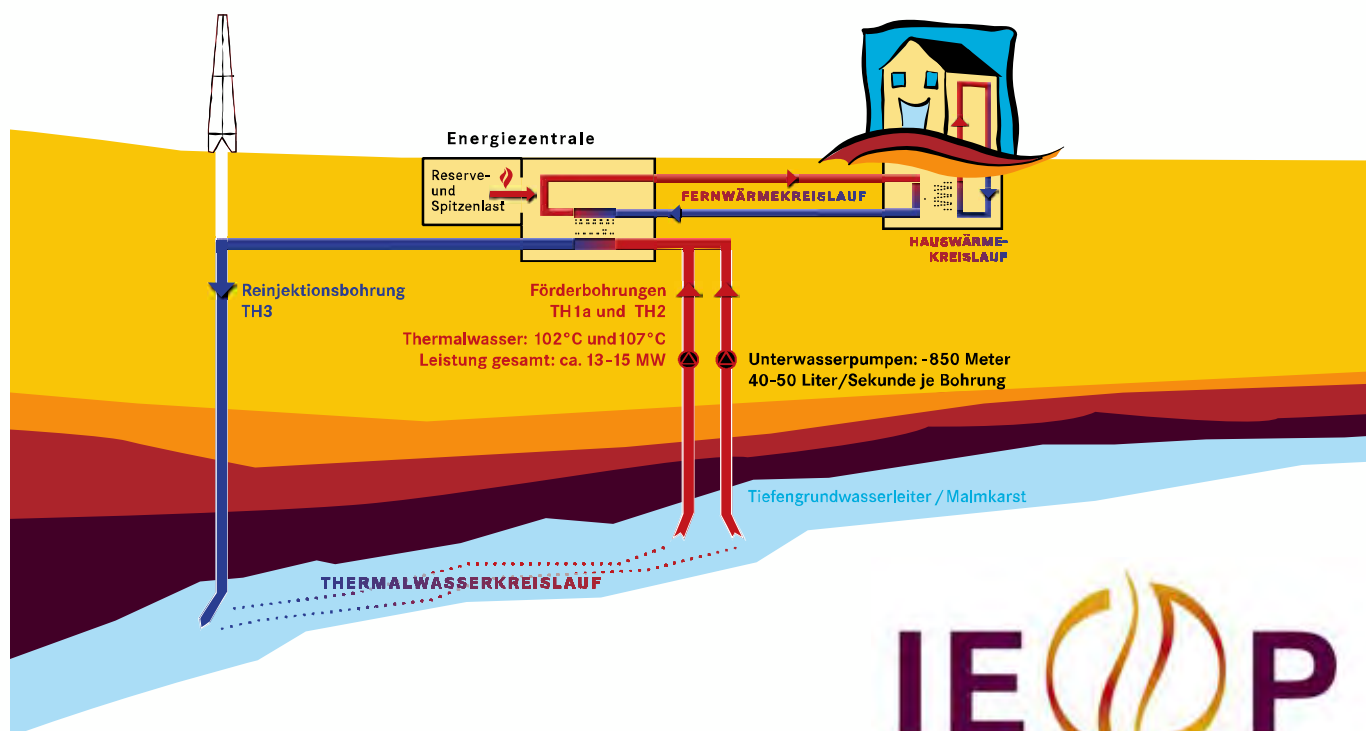
Source: **IEOP**
INTEGRATED ENERGY OPTIMIZATION PULLACH IM ISARTAL

27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

39

Concept de triplet à Pullach im Isartal



IEOP

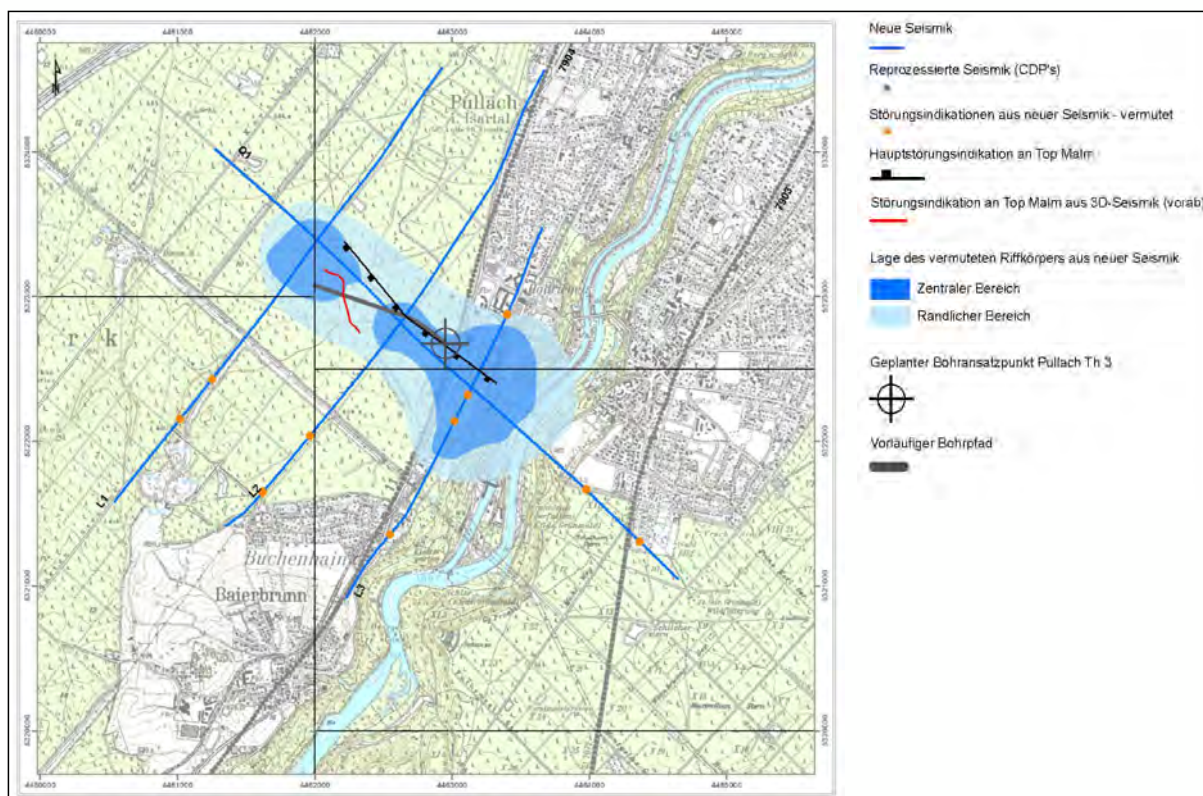
www.iep-pullach.de

27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

Interpretation focalisée sur les faciès du Malm



27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

41

Rig de forage pour Pullach Th3: Hekla Rig 002 - Bentec Euro Rig 350t



27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

42

Schéma de développement du puits Pullach Th3

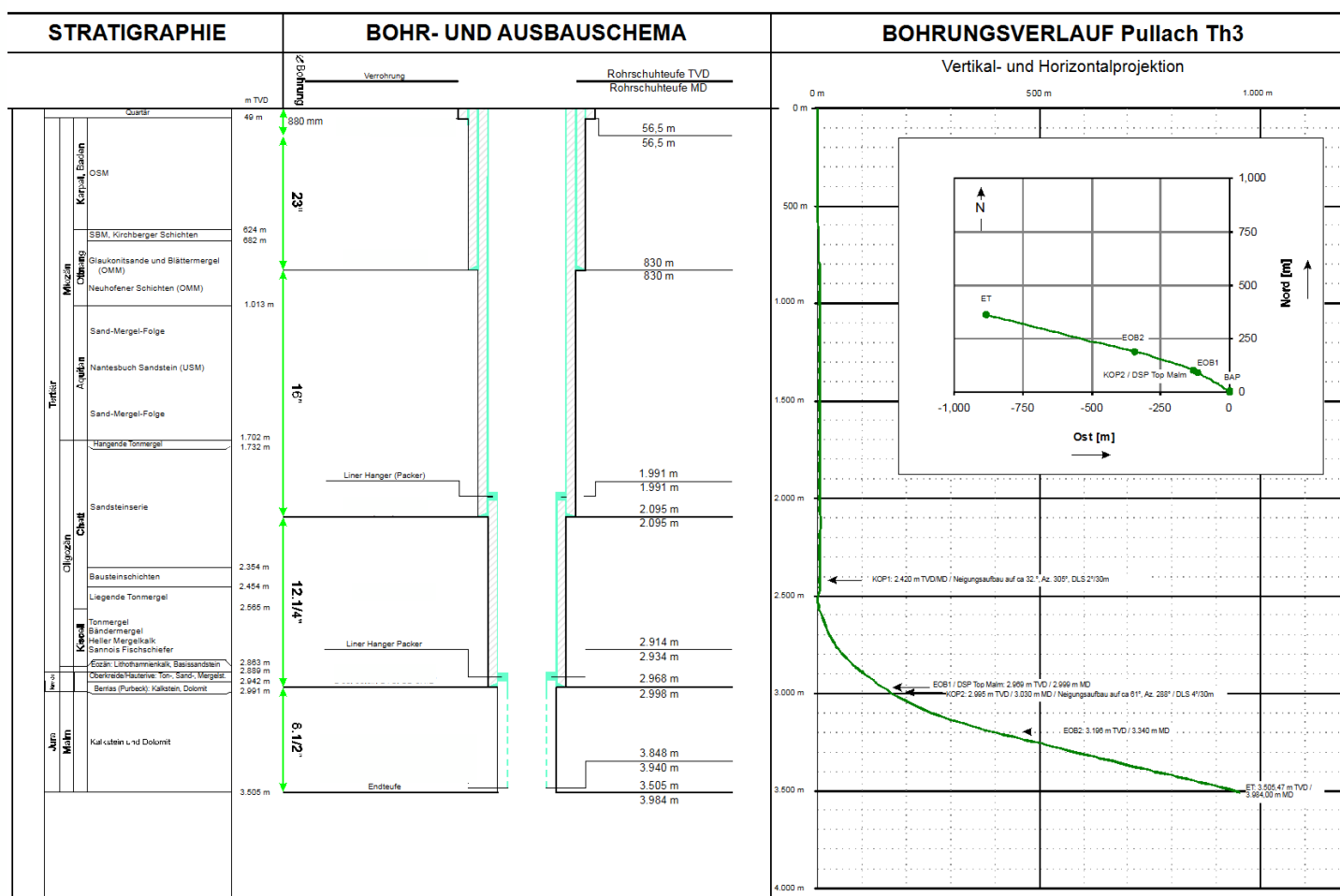
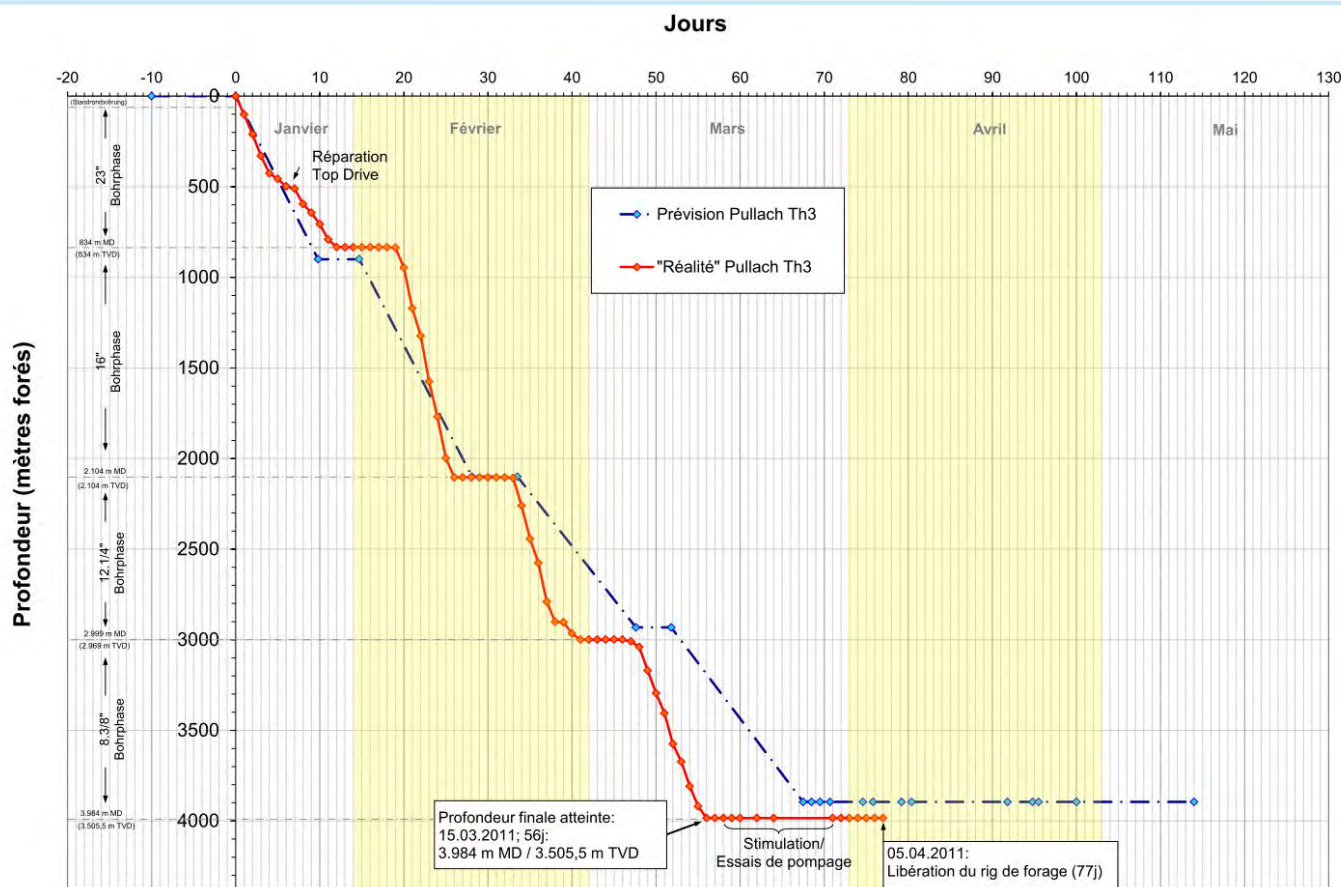
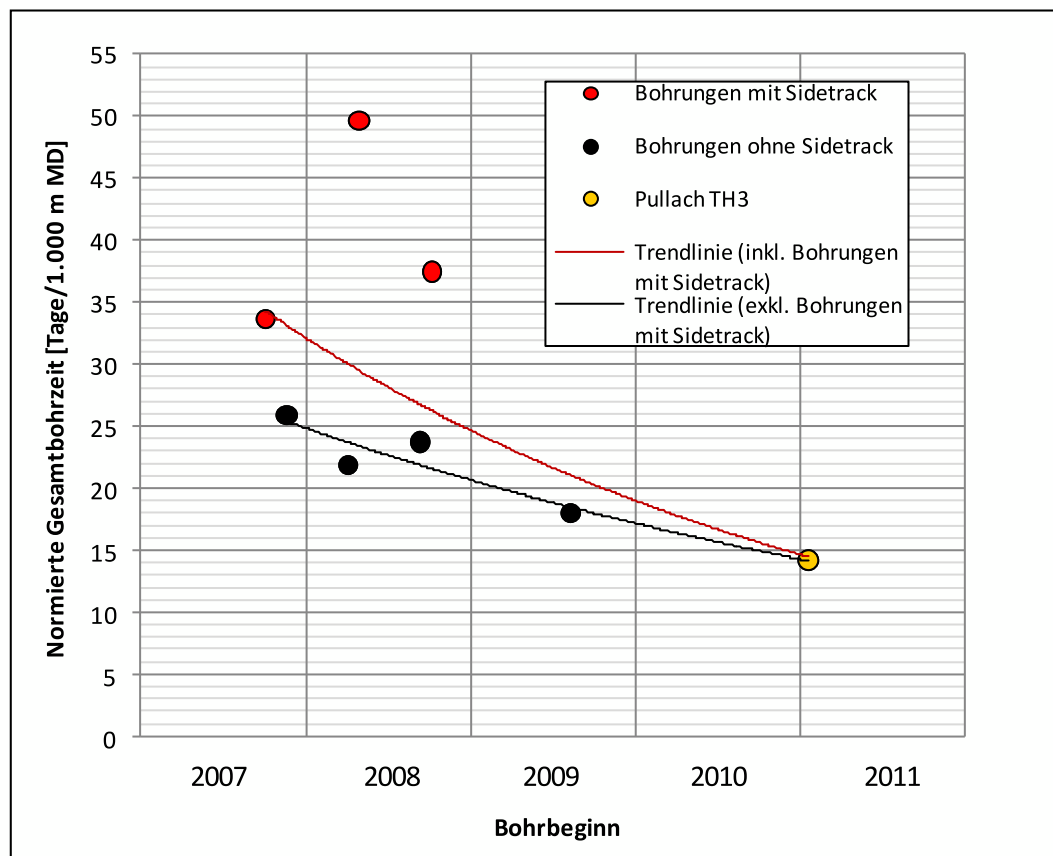


Diagramme temps-profondeur pour Pullach Th3





27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

45

Données principales Pullach im Isartal Actualisées le 01.04.2012



Profondeur des puits

Pullach Thermal I a: 3.930 m (MD) / 3.370 m (TVD)
Pullach Thermal II: 4.120 m (MD) / 3.445 m (TVD)
Pullach Thermal III: 3.984 m (MD) / 3.506 m (TVD)

Température des eaux thermales

102° C / 107° C / 116° C

Taux de production

jusqu'à présent le record fut de 56l/s

Puissance thermique maximale Puissance maximale extraite: Puissance maximale fournie:

environ 15 MW
9 MW
11,5 MW

Energie géothermique livrée (cumulée)

161.000 MWh ($\pm$ 16 millions de litres de fioul)

Energie totale livrée (cumulée)

178.000 MWh

Réduction des émissions de CO2

> 10.000 t/a

Source:  IEOP
INTEGRATED ENERGY OPTIMIZATION PROJECT



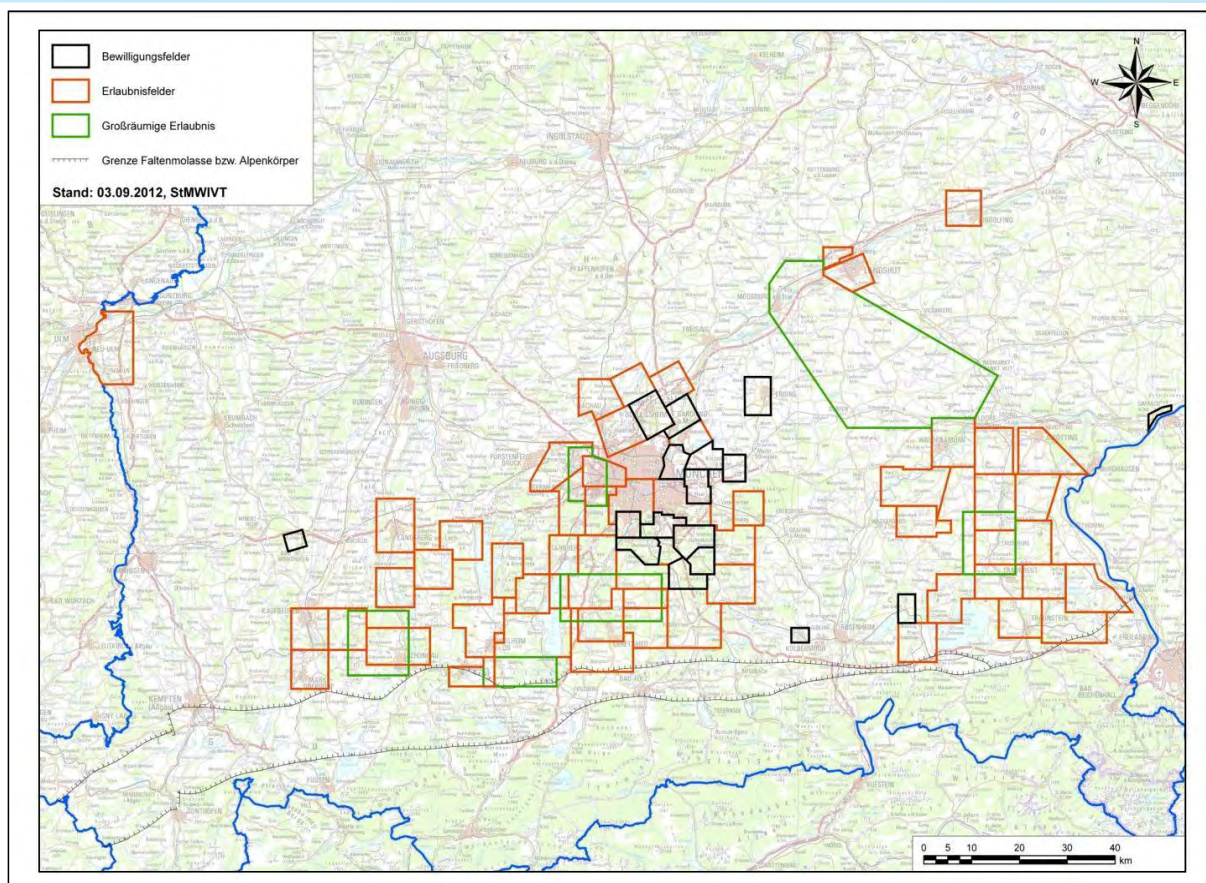
• Forages	10,8 Mio. Euro (Th1a/Th2) 7,3 Mio. Euro (Th3)
• Construction de la centrale	3,7 million EUR
• Réseau de chauffage (jusqu'en 2014)	28,0 million EUR
• Agrandissement de la centrale	2,9 million EUR
• Conduite de réinjection	2,9 million EUR
• Total des investissements jusqu'en 2054	76,0 million EUR

Source: **IEOP**
INTEGRATED ENERGY OPTIMIZATION PROGRAM



Perspectives et avenir de la géothermie en Bavière

Perspectives de la géothermie en Bavière

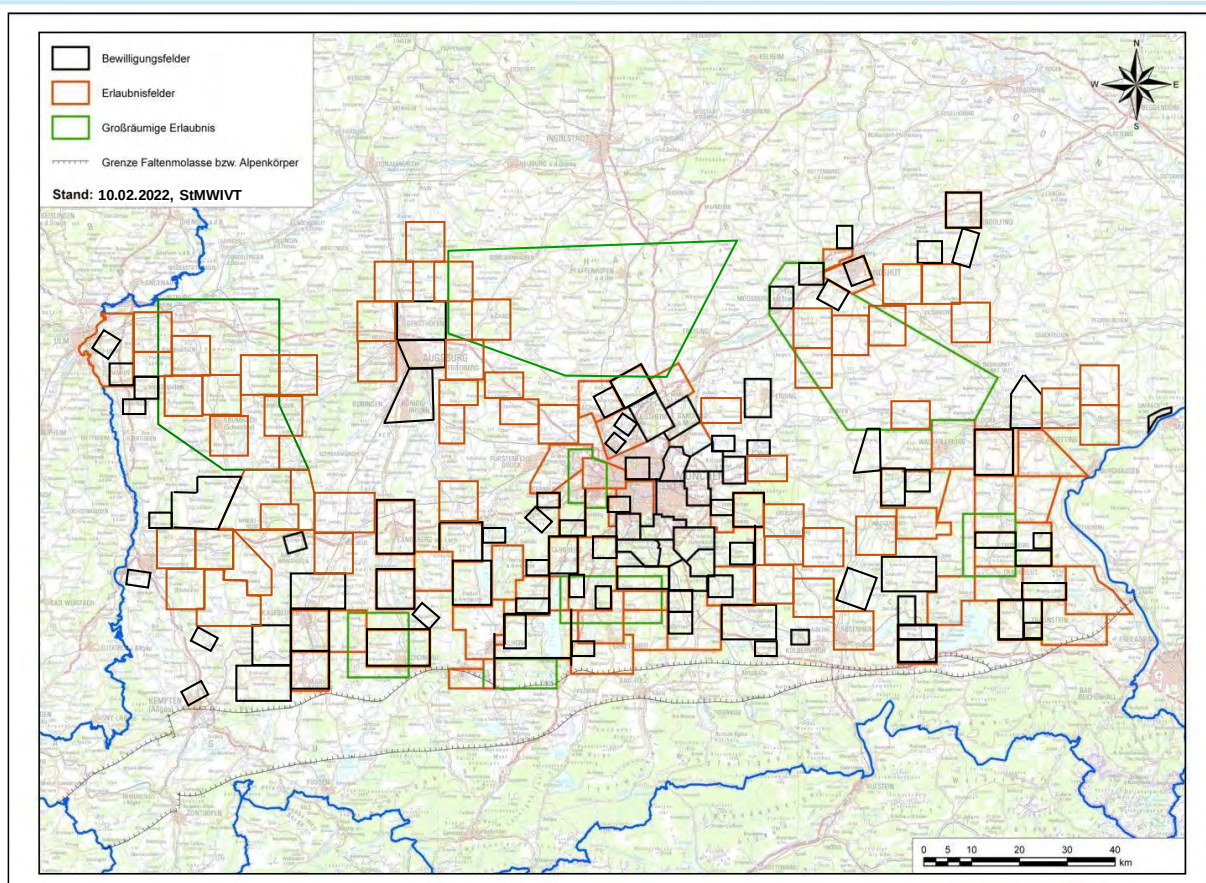


27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

49

Perspectives de la géothermie en Bavière



27 Novembre 2012

© ERDWERK GmbH 2012

Journée romande de la géothermie - 27.11.2012 - Yverdon-les-Bains

Objectifs pour la géothermie en Bavière



- Rendre la géothermie plus rentable afin qu'elle puisse concurrencer durablement les autres énergies primaires tout en favorisant un avenir écologique
- Exploiter l'ensemble du potentiel géothermique présent
- Contribuer dans une mesure importante à l'approvisionnement énergétique (y compris électrique)
- Forer le plus possible „dans le mille“ chaque futur puits dans la partie centrale et orientale du bassin munichois afin d'en faire des succès économiques suivant l'exemple de Pullach Th3, Kirchstockach Gt1...

Perspectives de la géothermie en Bavière



- **Forages plus profonds (>5000m) accompagnés de projets de recherche**
Par exemple Bernried, Traunstein, Königsdorf, Holzkirchen
- **Utilisation et amélioration des nouvelles technologies de forage**
En suivant les procédés de l'industrie pétrolière (outils RSS)
- **Densification des projets au sein d'une même concession**
Afin de permettre une exploitation efficace du potentiel géothermique
- **Élargissement des projets existants**
Prospection multilatérale?
- **Amélioration de la gestion du réservoir (reservoirmanagement)**
Prise en compte dès la phase d'exploration
Utilisation en tant que pièce juridique lors de conflits entre concessions voisines
Nécessaire à la minimisation des risques économiques
Nécessaire pour optimiser l'exploitation d'une concession géothermique à l'aide de plusieurs doublets
- **Géothermie très profonde à très haute température ?**

Merci de votre attention





Développement de projets de géothermie profonde en Suisse

Objectifs et stratégie d'Axpo et projets en cours d'étude

Jörg Uhde et Hansruedi Fisch (Axpo Power AG)
Heig-VD, 27.11.2012

Journée romande de la géothermie 2012



Vue d'ensemble

- Estimation du potentiel Axpo jusqu'à 2030
- Stratégie de Axpo
- Prospection des site favorables
- État des projets en Suisse
- Études réalisées et en cours

Page 2

Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

axpo

Objectifs et stratégie

Quelles sont les options valables ?

	Acceptation	Frais	Contribution significative à la réduction de la pénurie d'électricité	Qualité d'énergie
Efficacité énergétique				
Hydroélectricité				
Vent				
Photovoltaïque				
Biomasse				
Géothermie				
Centrales à gaz à c.c.				
Production combinée de chaleur et d'électricité				
Importations				

→ Il n'existe aucune option qui répond à toutes les exigences

Page 3

Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

axpo

Nouvelles énergies renouvelables

Doublement de l'objectif de production

- D'ici à 2030 doublement de l'objectif de production de 2,2 TWh à 5 TWh
- **Biomasse:** électricité tirée des déchets et du bois
- **Petite hydraulique:** électricité produite par des centrales au fil de l'eau
- **Vent:** investissements dans des installations éoliennes à l'étranger
- **Photovoltaïque:** en Suisse là où cela s'avère judicieux et investissements à l'étranger
- **Géothermie:** engranger du savoir-faire à l'étranger (Taufkirchen) dans le but de pouvoir réaliser des projets en Suisse





Page 4

Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

axpo

Énergies renouvelables

Objectifs de production

En 2030, Axpo entend le renforcement des capacités suivantes ¹:

- Renouvellement licences hydroélectriques: 385 MW (CH)
- Les petites centrales hydroélectriques 30 MW (CH)
- Centrales hydroélectriques en étranger : 1 TWh
- Biogaz, biomasse: 50 MW (CH)
- **Géothermie profonde: 24 MW (CH)**
- Eolien terrestre: 1100 MW (DE, FR, IT)
- Eolien maritime: 450 MW (DE, FR, IT)

Correspond à 8 centrales à 3 MW_{el}

¹entr parenthèses: pays préférés

Page 5 Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

axpo

Quelle sorte de géothermie ?

Applications en Suisse

The diagram shows a cross-section of the Earth's crust with temperature ranges and corresponding geothermal uses. A red circle highlights the 'Cible de Axpo' (Axpo target) area, which is focused on deep geothermal (hydrothermal and petrothermal) at depths between 2,000m and 6,000m.

Application	Temperature Range (°C)	Depth (m)	Geothermal Type
Chauffage avec pompe à chaleur	10 - 40	0 - 200	Géothermie peu profonde
Chauffage sans pompe à chaleur	40 - 60	200 - 400	Collecteur géothermique
	60 - 90	400 - 1000	Sonde géothermique
Production d'énergie électrique	100 - 130	1000 - 2000	Géothermie peu profonde
	130 - 170	2000 - 4000	Géothermie profonde
	170 - 200	4000 - 6000	hydrothermal
	180 - 220	6000 - 8000	petrothermal

Page 6 Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

Axpo stratégie géothermie

Centre de competence

Axpo poursuit les objectifs suivants:

- Constitution d'une équipe compétente pour la géothermie en Suisse (dès le 30.10.2010)
- Développement de savoir-faire propre
- Construction et exploitation de ses propres centrales géothermiques en Suisse



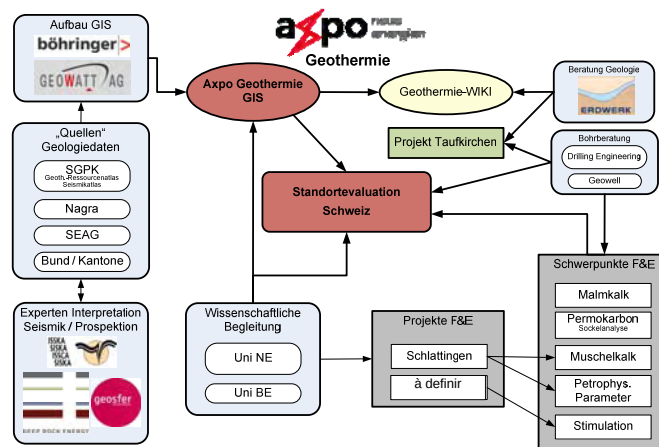
Équipe géothermie de Axpo

Page 7

Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

Stratégie de prospection

Partenaires



Page 8

Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

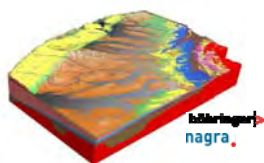
Comment trouver les sites les plus prometteurs ?

Stratégie de prospection

- Approche directe
 - Sous-sol déjà bien connu: profils sismiques, forages profonds
 - Conditions du sous-sol favorables: (hydro)géologie, températures
 - Conditions en surface favorables: valorisation de la chaleur
- Approche systématique
 - Récolte des données du sous-sol
 - Carte de potentiel de valorisation de la chaleur
 - ...

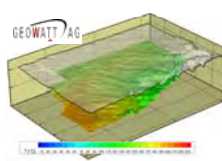
Prospéction systématique des site favorables

Critères de sous-sol



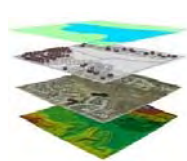
- **Géologie**
- Structures / tectonique
- Propriétés des aquifères potentiels profonds: porosité, perméabilité, épaisseur
- Faciès

Températures sous-sol

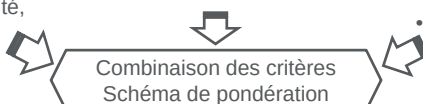


- **Modèle de température 3D**
- Transfer aus système d'information géographique (SIG)

Critères en surface

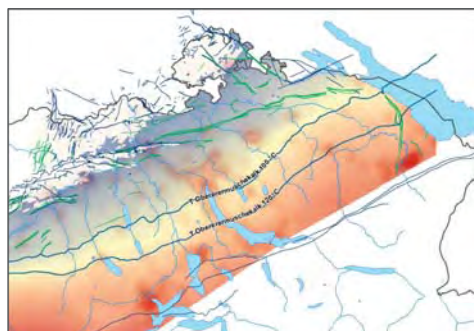


- Topographie
- **Besoins en chaleur**
- Possibilité de refroidir
- Utilisations concurrentes
- Risques (sismiques)



Prospéction systématique des site favorables

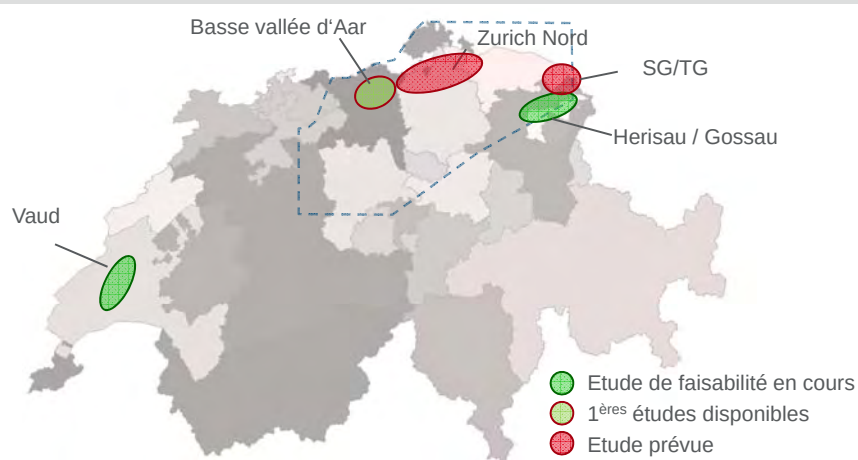
Exemple



- Combinaison simple de trois critères:
 - température Top Malm
 - température Top MK
 - épaisseur
- Potentiel de valorisation de la chaleur

Activités actuelles en Suisse

Sites en évaluation

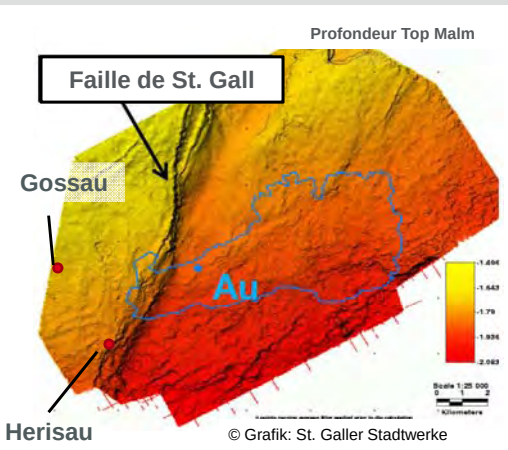




Projets en Suisse

Etude de faisabilité Herisau / Gossau

- Projet hydrothermal voisin du projet hydrothermal St. Gall
- Modèle sismique 3D de St. Gall couvre le prospectus
- Profite des travaux des SI de la ville de St. Gall (sgsw)
- Forage de référence 4'000m sera disponible en 2013
- Promoteurs de projet:
 - Axpo Power AG
 - sgsw St. Galler Stadtwerke
 - SAK St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG



© Grafik: St. Galler Stadtwerke

Page 13

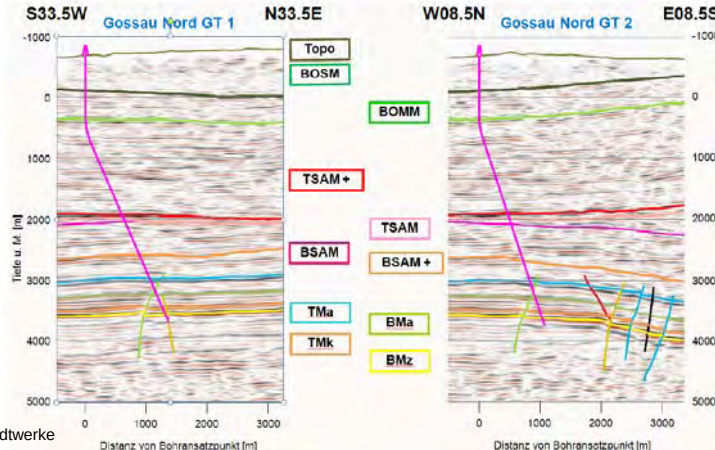
Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG



Projets en Suisse

Etude de faisabilité Herisau / Gossau

- Scénarios de trajectoires de forage dans la région Gossau
- Horizons-cible: Malm et Muschelkalk



© Grafik: St. Galler Stadtwerke

Page 14

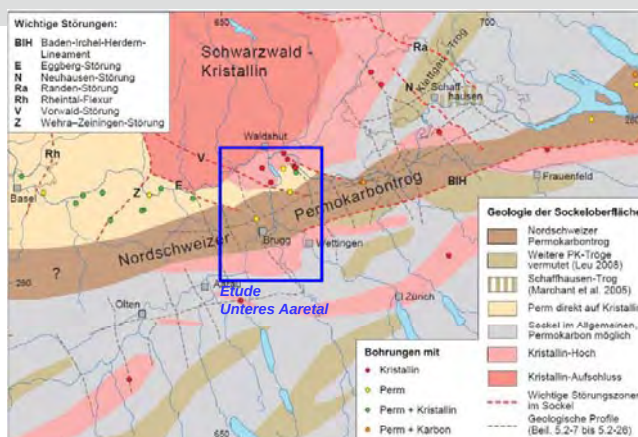
Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

Prospection de sites géothermiques dans le nord de la Suisse

Structures de socle liées aux synclinaux permo-carbonifères

Géologie de la surface du socle y compris la localisation des synclinaux permo-carbonifères

(Cédra NTB 08-04)

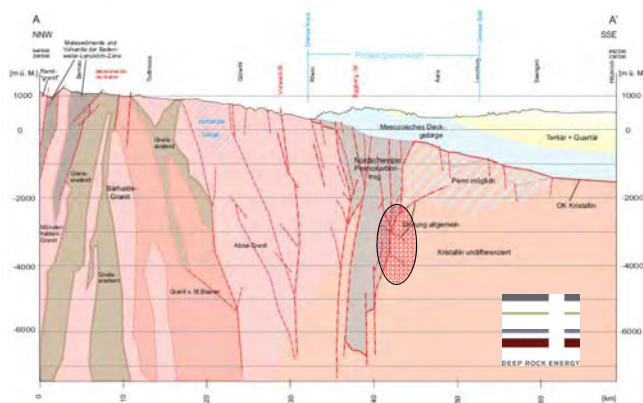


Page 15

Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

Prospection de sites géothermiques dans le nord de la Suisse

Le synclinal permo-carbonifère en Argovie



Page 16

Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

Etudes en Suisse

Etudes de potentiel réalisées

- Oftringen
- Basse vallée de l'Aar

Etudes en cours

- Propriétés et structures dans le socle
- Etude du faciès du Malm
- Miscibilité des eaux profondes
- Muschelkalk: propriétés pétrophysiques
(en utilisant les carottes du forage Schlattigen, TG)

Autres:

- Technologies de géothermie non conventionnelles

Merci de votre attention!

Axpo Power AG
 Flughafenstrasse 54 | CH-8152 Glattbrugg
 T +41 44 809 73 33 | F +41 44 809 74 00 | www.axpo.ch



axpo

Projet géothermique profond de Taufkirchen

Rôle de la caractérisation hydraulique du réservoir profond dans la définition des paramètres clés de la centrale géothermique

Hansruedi Fisch (Axpo Power AG)
Heig-VD, 27.11.2012

Journée romande de la géothermie 2012

axpo

Vue d'ensemble

- Introduction
- Tour d'horizon du projet géothermique Taufkirchen
- Forages et stimulation
- Essais hydrauliques: premier résultats provisoires
- Leçons tirées

Page 2

Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

Taufkirchen: Objectifs de l'engagement

- Engranger du savoir-faire à l'étranger dans le but de pouvoir réaliser plus tard des projets en Suisse, au niveau de:
 - Développement de projet
 - Technique de forage
 - Caractérisation et exploitation du réservoir
 - Conception de la centrale géothermique

Les chiffres principales du projet (2010)

- Lieu: Taufkirchen, au sud de Munich
- Développeur de projets: Exorka GmbH entrepreneur général
- Pourcentage de participation de Axpo: 35%
- 2-4 forages à 4'000 m de profondeur
Nombre de forage en fonction du succès
- Chiffres espérés:
 - Débit: 120 l/s
 - Température: 130 °C
 - Puissance électrique : 4 MW (nominal)
 - Chaleur à distance: 40 MW (nominal)



aspo

Rôle de la caractérisation hydraulique

Centrale géothermique

Puits de production Puits d'injection

«Productivité et Injectivité = valeurs constantes»

Approche de conception

Paramètres de conception:

- Débit
- Température
- Qualité de l'eau thermique

Chiffres de production d'énergie

Système circulation (pompe(s)):

- Rabattement et refoulement
- Pression de l'eau dans les conduites et au côté de la réinjection
- Pertes de charges dans les forages

Paramètres de l'aquifère thermique:

- Perméabilité, niveau hydraulique, limites
- Paramètres thermiques

« Ressource hétérogène, réponse dynamique... »

Page 5

Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

aspo

Faciès du Malm sous la Molasse bavaroise

- Munich
- Mauerstetten
- St. Gallen

Source: Wolfgramm et al. Der Geothermiekongress 2009 Bochum, 17-19.11.2009

Facies

- Rifffazies (Riffkalke, Massenkalk, Dolomite)
- Lagunenfazies (Bank- und Plattankalke)
- Helvetische Fazies (feinkörnige Bankkalke und Mergel)

Struktur und Topografie

- Überschiebung
- Nordgrenze Verbreitung Malm
- Nordgrenze Molassebecken
- Landshuter-Neuöttinger Hoch (Kristallinschwelle)

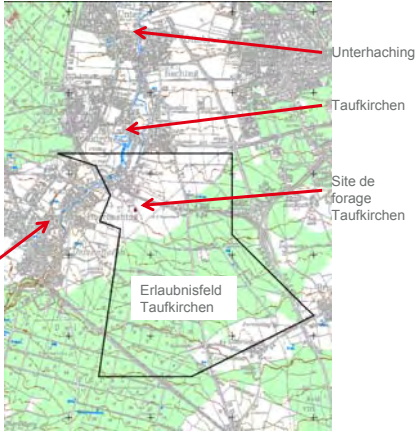
Page 6

Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG



Site du projet géothermique Taufkirchen

- Les voisins du site de concession :
 - Unterhaching
 - Grünwald
 - Kirchstockach
 - Sauerlach
- Le plus petit site de concession en Haute-Bavière

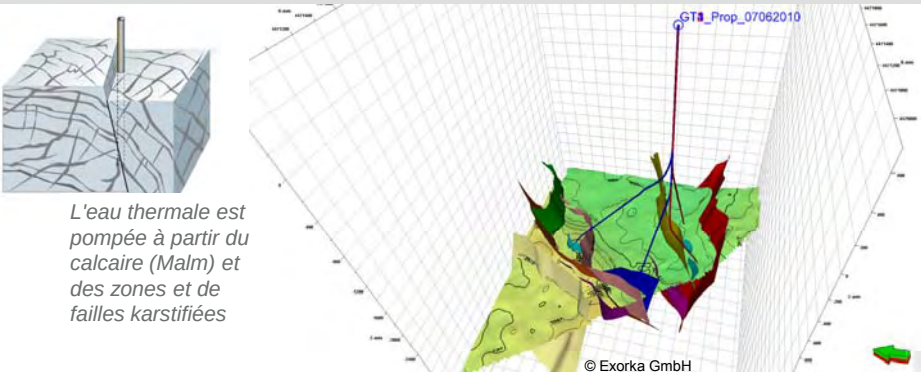


Page 7
Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG



Planification et utilisation des forages

L'eau thermique est pompée à partir du calcaire (Malm) et des zones et de failles karstifiées



© Exorka GmbH

- L'interprétation des données sismiques 3D a servi de base à la planification des trajectoires de forage
- L'utilisation des forages est déterminée à la fin de l'évaluation des essais de pompage

Page 8
Journée romande de la géothermie 2012 | Axpo Power AG

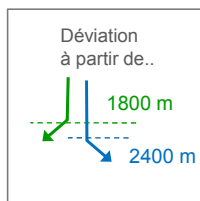
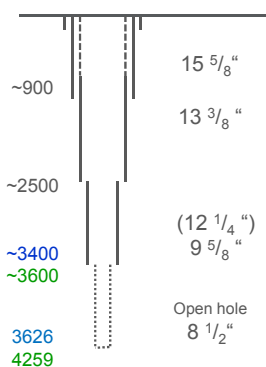
Déroulement du projet (état actuel)

- Engagement de l'Axpo: novembre 2010
- Début des forages: 01.07.2011
- Deux forages complétés: fin mai 2012, y compris **stimulation chimique** et **test air-lift**
 - Débit: ~100 l/s ↓ et >120 l/s ↑
 - Température: 135°C ↑
- Essais de «circulation»
 - GT3 -> GT1 (juillet 2012): pompe de fond dans GT3
 - GT1 -> GT3 (août – octobre): pompe de fond dans GT1
- Travaux actuels (20.11.2012):
 - Interprétation des essais et rapports seront bientôt disponibles
 - Débit: ~120 l/s (✓) et >120 l/s ↑
 - Planification de la centrale géothermique
- Début de production de l'électricité et de la chaleur: fin 2013

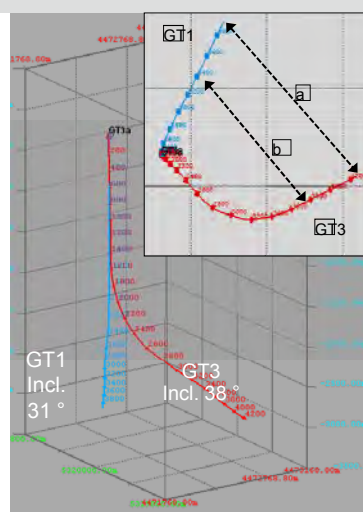


Forages GT1 et GT3

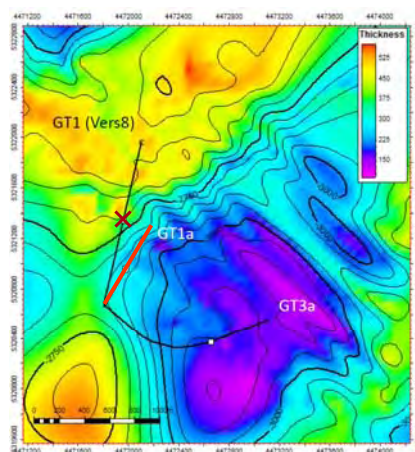
Prof. Tubage Diamètre
(MD)



Prof. vertical (TVD): 3763 m / 3696 m



Forage GT1: Perte de la boue et Sidetrack



✗ Pertes de boue 30 m
au-dessus Top Target
sur la trajectoire
modifiée

— Trajectoire finale
(Sidetrack)

Etude par Erdwerk GmbH, © GeoEnergie Taufkirchen GmbH

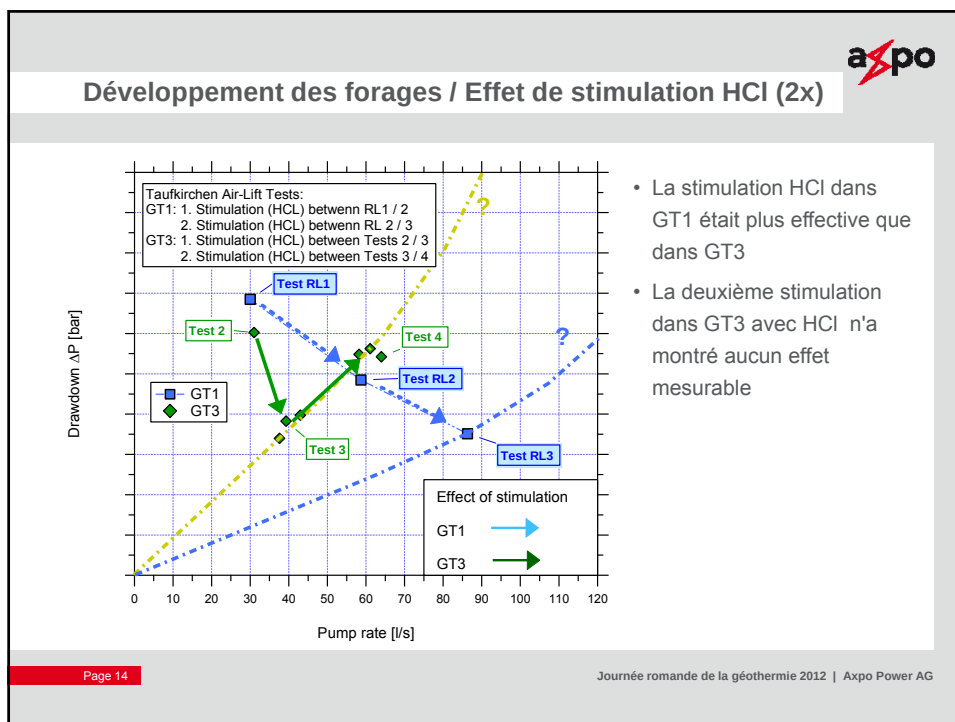
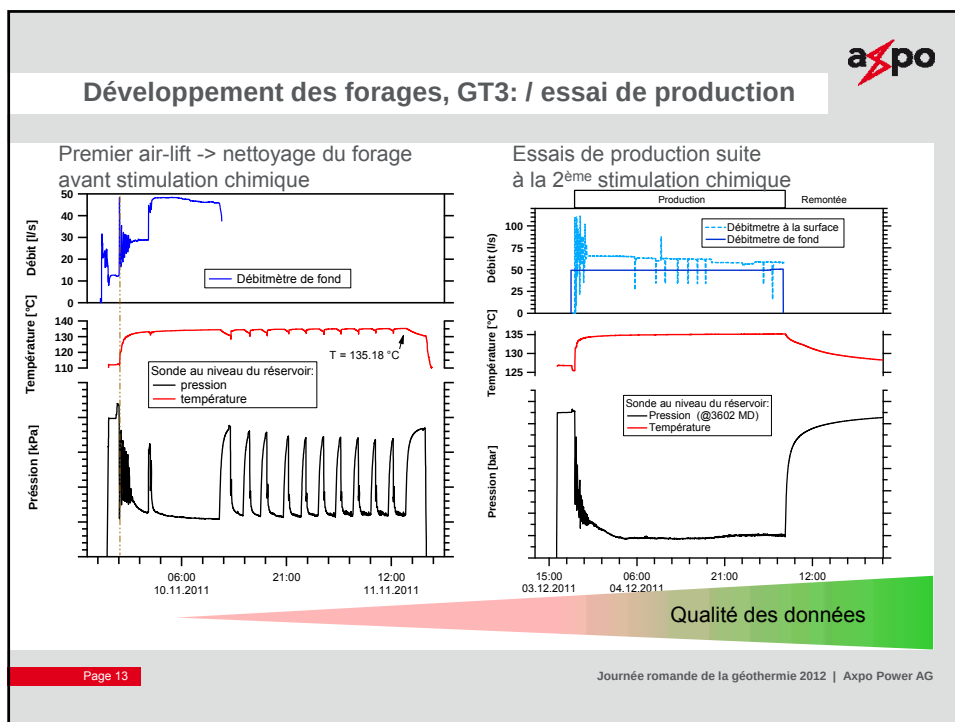
Page 11

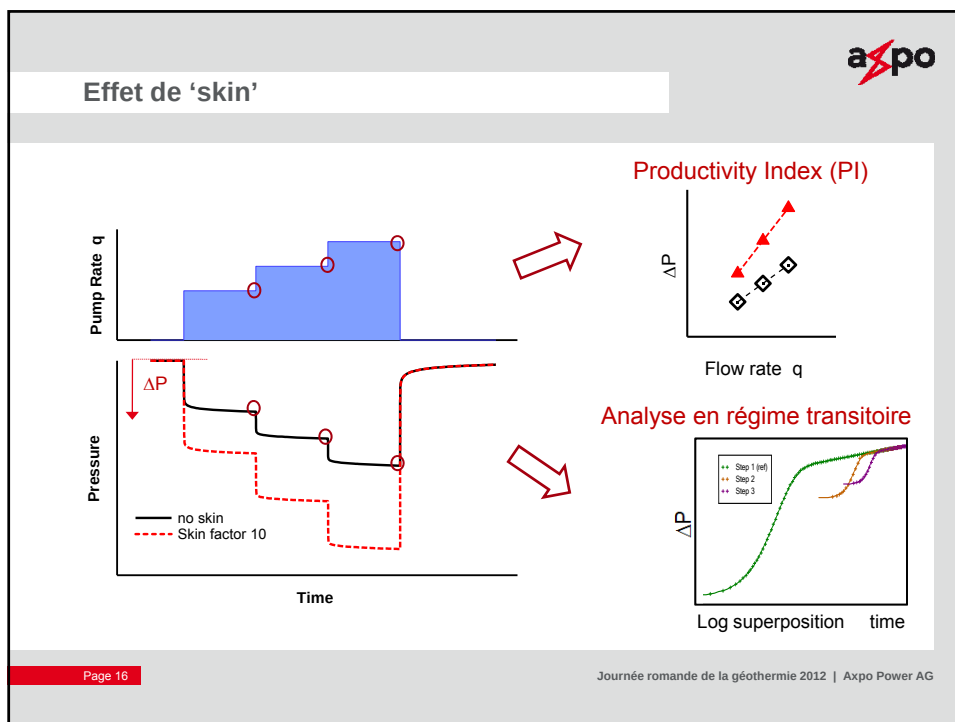
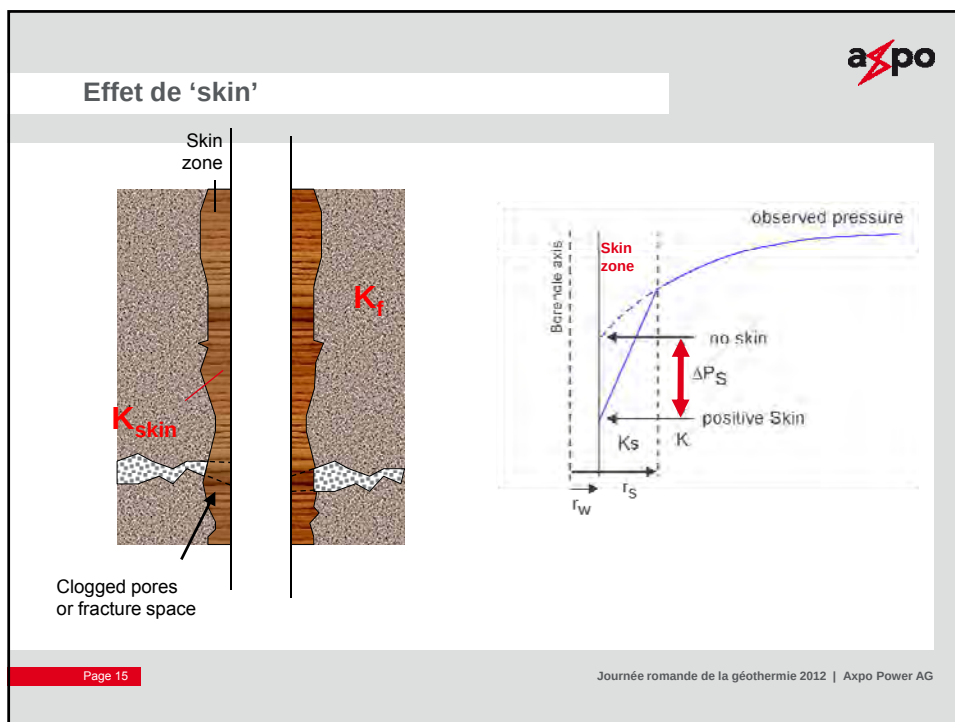
Impression d'installation à la surface

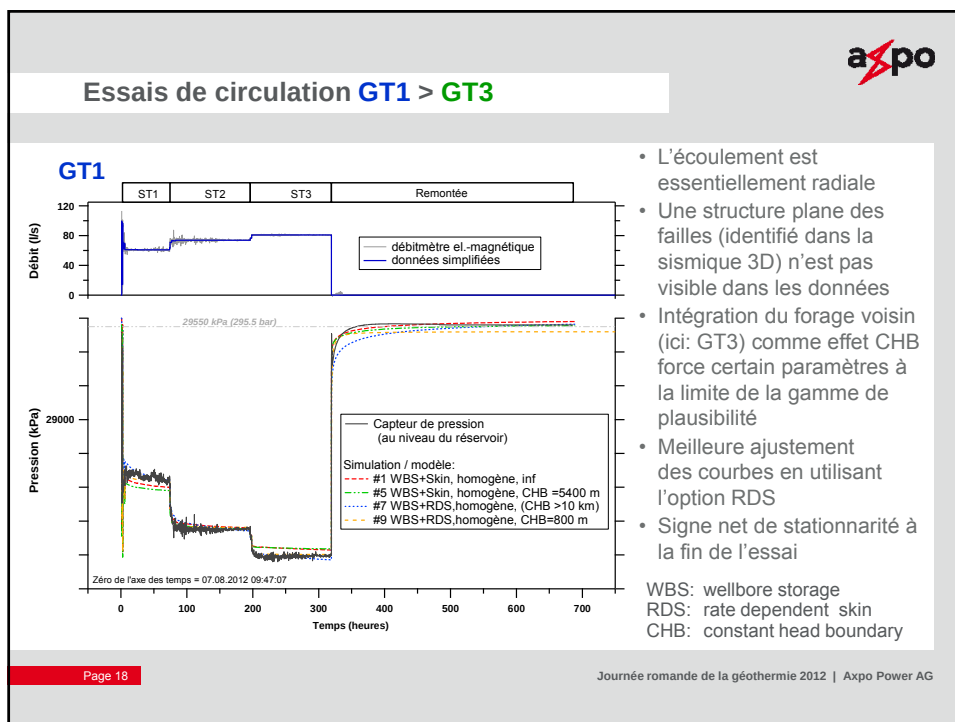
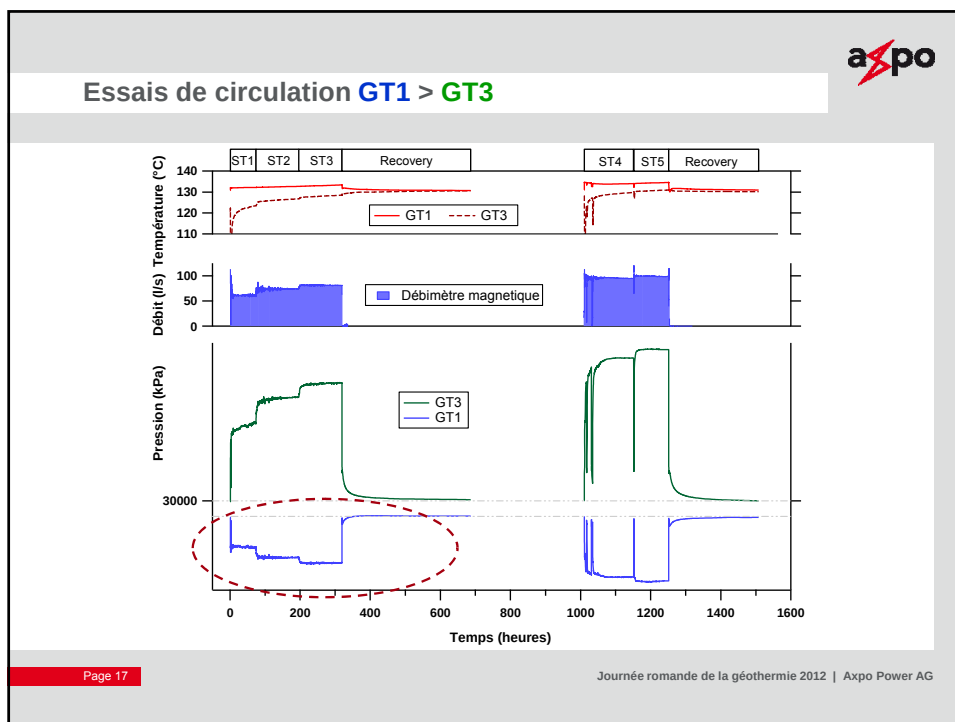


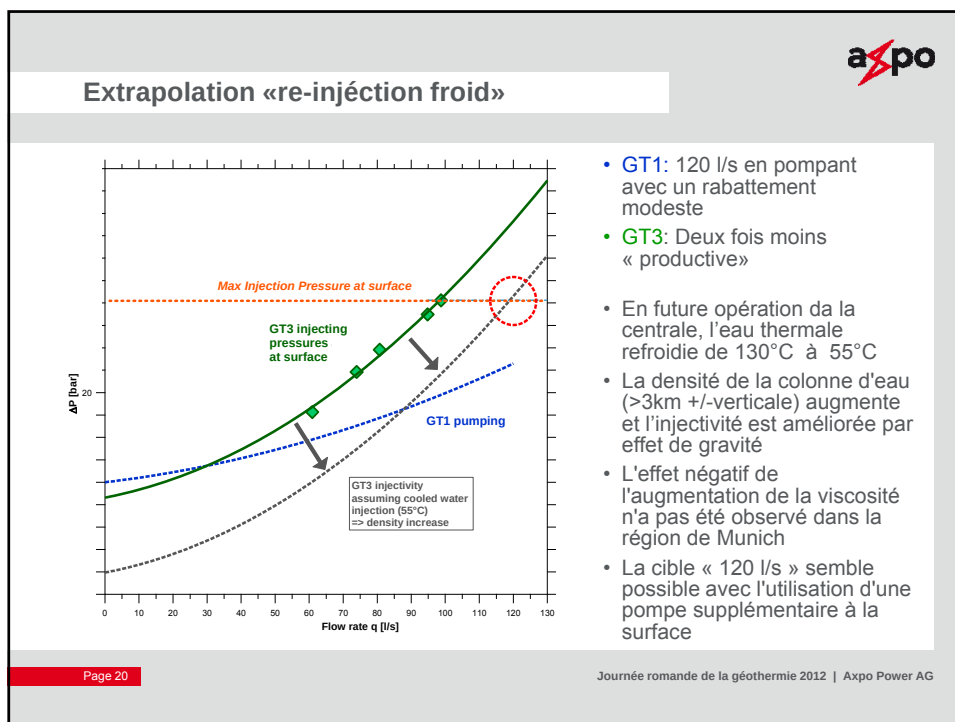
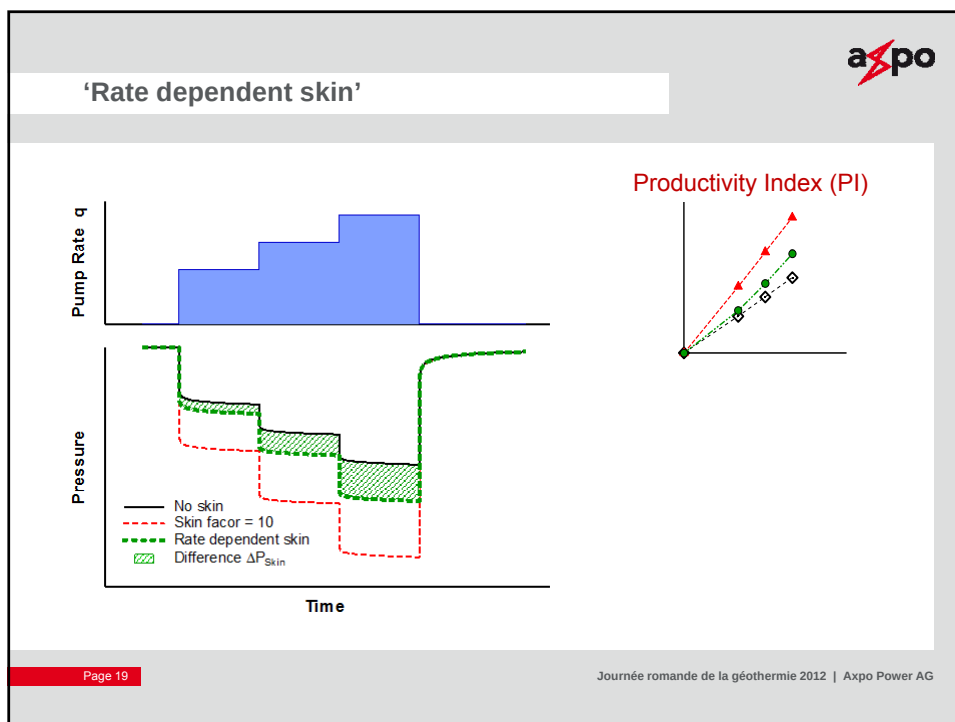
Page 12

Journée romande de la géothermie 2012 | Xpo Power AG









Les leçons apprises

Procédure d'essais et caractérisation hydraulique du réservoir:

- La collecte des données lors des essais hydrauliques doit être soigneusement planifiée. L'installation des capteurs à la surface et au niveau du réservoir en redondance n'est pas un luxe.
- Une période d'essai suffisamment longue est cruciale pour la validité des interprétations et pour une extrapolation temporelle fiable des résultats.
- L'effet de changement de température sur les essais et les valeurs mesurées est important
- Déterminer des valeurs de productivité/injectivité en fonction du débit est beaucoup plus facile que de chercher à comprendre tous les aspects du réservoir et ses limites.

Développement des forages:

- La longueur des sections 'open hole' complique la mise en place ciblée de l'acide => L'utilisation de systèmes pour l'isolement des sections de forage serait avantageux.
- Même si la productivité / l'injectivité des forages sont très différentes, le choix de la direction de la circulation en combinaison avec l'effet de la gravité de l'eau refroidie aide pour obtenir un meilleur résultat.

Merci pour votre attention!



Axpo Power AG
Flughofstrasse 54 | CH-8152 Glattbrugg
T +41 44 809 73 33 | F +41 44 809 74 00 | www.axpo.ch

Combined Heat and Power Usage at the Taufkirchen (D) Geothermal Power Plant

Journée romande de la géothermie 2012

Patrick Meier | Axpo AG
Yverdon-les-Bains, 27.11.2012

Axpo Power AG

Project Taufkirchen

Les chiffres principales du projet (2010)

- Lieu: Taufkirchen, au sud de Munich
- Développeur de projets: Exorka GmbH
entrepreneur général
- Pourcentage de participation de Axpo: 35%
- 2-4 forages à 4'000 m de profondeur
Nombre de forage en fonction du succès
- Chiffres espérés:
 - Débit: 120 l/s
 - Température: 130 °C
 - Puissance électrique : 4 MW (nominal)
 - Chaleur à distance: 40 MW (nominal)



Overview

Content

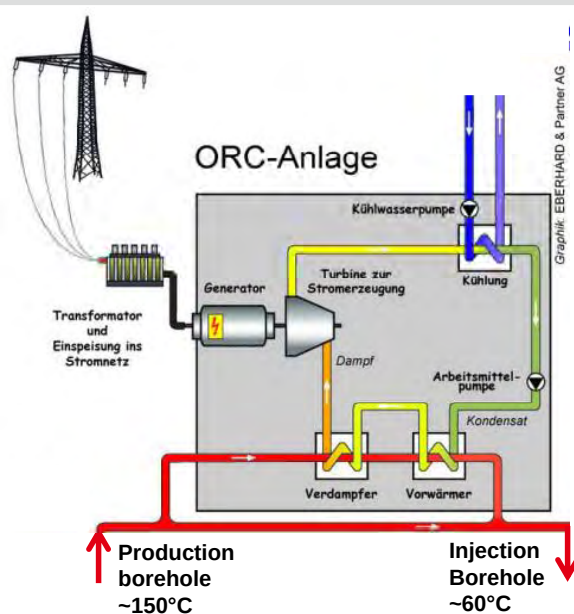
- Available Technologies
- Project Development Taufkirchen
- Power Plant Design / Optimization

Power Plant Technology

Binary Cycles

ORC (Organic Rankine Cycle)

- Temperatures ~100-200°C
- Established Technology
- Turnkey powerplants available
- Worldwide ~253 Geothermal-ORC units in operation

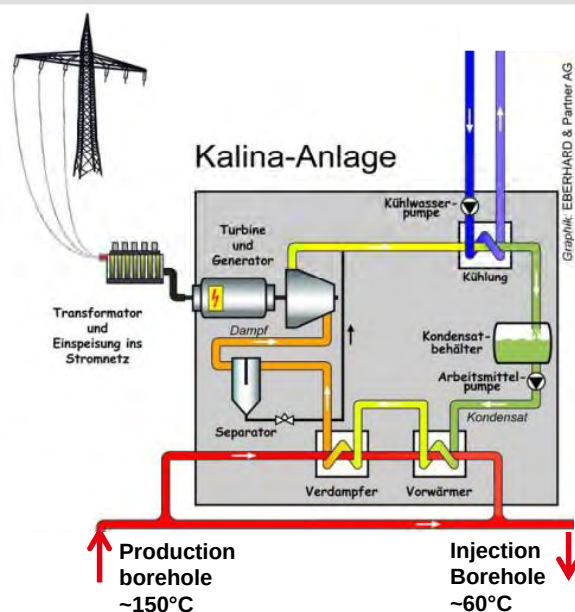


Power Plant Technology

Binary Cycles

Kalina

- Better usage of the thermal water
→ Higher efficiency
→ Higher power production
- ... in combined heat and power units
- 2 reference facilities in Germany
- 3. Taufkirchen!



Project Taufkirchen

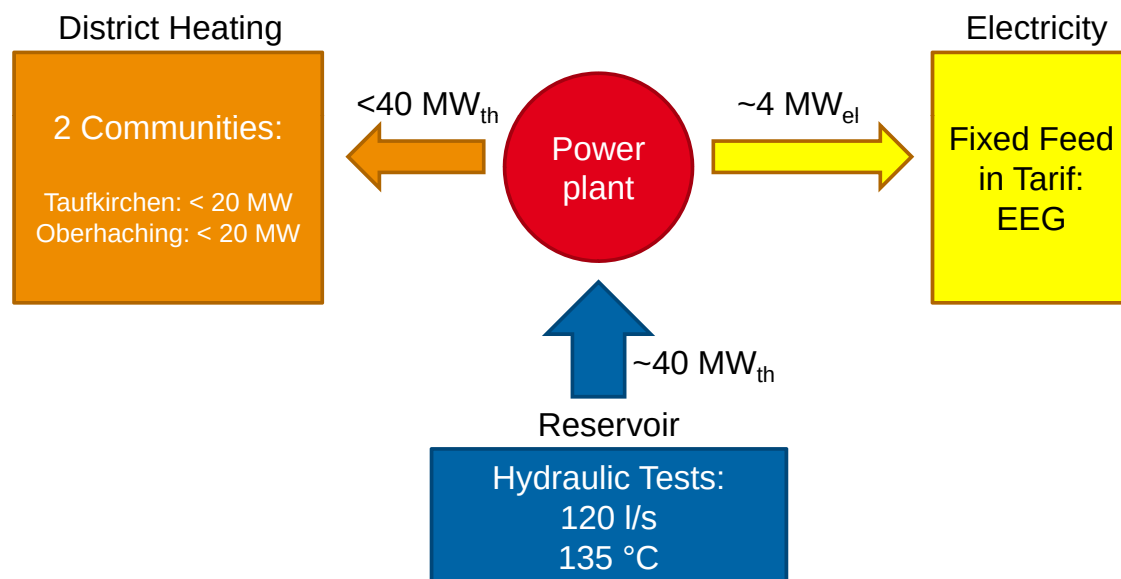
Development

- Development of power plant parallel to drilling (Basic engineering)
- Basic engineering for two technologies
 - ORC
 - Kalina
- Decision about technology after hydraulic testing of the first borehole (End of 2011)
 - Optimization with respect to actual thermal water conditions
 - Decision for the Kalina technology was made (February 2012)
- Further steps
 - Start of construction (January 2013)
 - Power Production (End of 2013)



Power Plant Design

Boundary Conditions



Boundary Conditions

EEG

Government Aid: Fixed Electricity Feed in Tariff for 20 years

- **Germany: EEG (Erneuerbares Energiegesetz → German Renewable Energy Act)**
 - New, simplified system since 2012-01-01
 - Fixed Tariff: 25 ct/kWh_{el}
 - Based on **gross electricity production**
- **Switzerland: KEV (Kostendeckende Einspeisevergütung → Cost covering feed in tariff)**
 - Fixed Tariff: 37 Rp./kWh_{el} (excluding VAT)
 - Based on **net electricity production**
 - No additional using of heat required
 - Risk insurance: Up to 50% of drilling costs will be refunded by the government in case of low productivity

➤ Similar Financial Framework of the German and the Swiss Model

Boundary Conditions

District Heating

	Duration[hours]	AWB Temp. [°C]	District Heating				Electricity
			DH Demand [kW]	OHA LT	OHA HT	TFK	Cycle Gross Power
Early January 2015	240	-6,0	30897	1908	13976	15000	
January 2015	600	-2,9	22567	3349	9201	10000	1367
February 2015	720	-2,0	19543	3874	6551	9100	1976
March 2015	720	2,3	7724	5710	1993	1	3734
April 2015	720	6,7	5878	5860	0	1	3631
May 2015	720	10,4	4412	4399	0	1	3439
June 2015	720	13,4	3085	3075	0	1	3269
July 2015	720	15,0	2104	2097	0	1	3175
August 2015	720	14,8	2579	2571	0	1	3181
September 2015	720	12,8	3774	3762	0	1	3302
October 2015	720	7,5	5110	5094	0	1	3619
November 2015	720	3,0	6737	6240	476	1	3821
December 2015	720	-1,8	15710	4379	4513	6800	2592
Year [hours]	8760		Quantity [MWh]	36351	18618	21054	26552

Power Plant Design

Optimization

Design Goal

1. Meet the heat demand at any time
2. Maximize electricity production throughout the year

Design Aspects

- Part load behaviour (high district heating → more part load!)
- Point of maximum efficiency (→ not necessarily at nominal power!)

Power Plant Design

Example for Optimization

Taufkirchen

- Supply temperature: 110°C
- Return temperature: 55 - 65°C

Oberhaching

- Supply temperature: 110°C OR 85°C
- Return temperature: 55 - 65°C

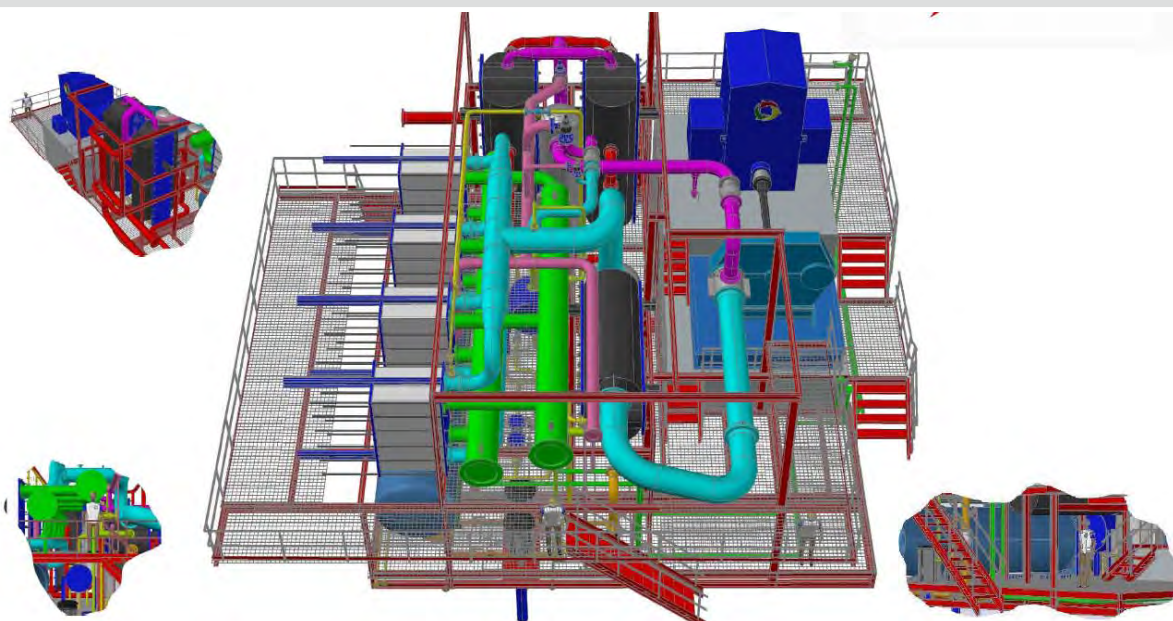
➤ District heating at lowest possible temperatures!

Different locations/temperatures to extract heat from thermal water

1. After the power production (~70°C, low exergy)
2. Right after the Production borehole (~135°C, high exergy)
3. From the middle of the evaporator heat exchanger (~110°C, mid exergy)

Power Plant Design

Optimization



**Preliminary Powerplant Design
Desing - KCS 34R Cycle**



Merci pour votre attention!

Axpo Power AG | New Energies

Flughofstrasse 54 | CH-8152 Glattbrugg

T +41 44 809 73 33 | F +41 44 809 74 00 | www.axpo.ch

Page 13

Journée romande de la géothermie | Axpo Power AG

Objectifs et stratégie de sol-E Suisse SA en matière de géothermie profonde

Pascal Vinard
Responsable géothermie sol-E Suisse SA

Journée romande de la SSG – 27.11.2012 - Yverdon

sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard

Structure de la présentation

1. Stratégie, rôle et activités de sol-E Suisse SA
2. Motivations d'investissement dans la géothermie
3. SWOT
4. Logique technologique
5. Activités en Suisse
6. GP Eclépens

sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard

2

1. Stratégie



Promouvoir la
production
et l'utilisation
rationnelles de
l'énergie



Nouvelles grandes centrales



Planifier la construction
de centrales à gaz et à
vapeur comme solution
transitoire

1. Activités



Biomasse humide



Energie bois



Energie solaire



Energie éolienne



Energie hydraulique



Géothermie & Chaleur



1. sol-E Suisse: Une orientation claire vers le long terme

Développement de projets

- Identification des sites potentiels
- Analyse des sites et de la réalisabilité (autorisations)
- Etude de faisabilité (concept sommaire)

Planification / réalisation

- Procédure d'autorisation complète (y compris demande de permis de construire)
- Appel d'offres et adjudication
- Planification de la vente de l'énergie
- Suivi du projet (maître d'ouvrage)
Définition du concept d'exploitation et de maintenance
- Mise en service

Exploitation

- Gestion des actifs (installations propres et participations)
- Exploitation et maintenance des centrales
- Garantie de la sécurité d'exploitation
- Planification du concept de remise en état du site à la fin de la durée de vie de l'installation, et mise en œuvre du concept

sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard

5



1. Installations et projets de sol-E Suisse



Nombre d'installations:	28 et 46 installations de contracting (Etat 31.12.2011)
Puissance installée:	env. 31 MW
Production d'électricité:	env. 51 GWh/a soit la consommation de plus de 14 000 foyers
Production de chaleur:	env. 34 GWh/a soit une économie annuelle d'env. 3 900 million de litres de mazout et 10 700 tonnes de CO ₂

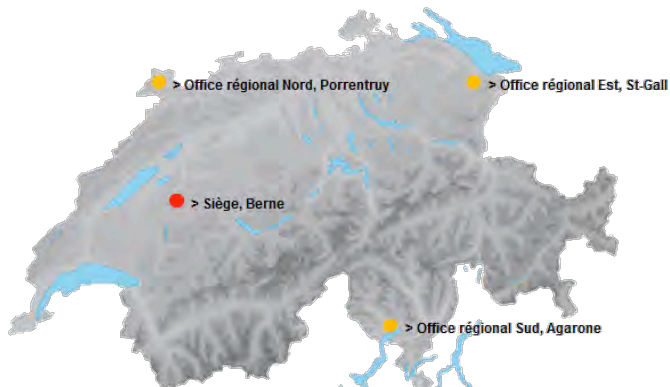
sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard



1. Une équipe au service du développement durable!

40 spécialistes opérationnels dans toute la Suisse

- Siège à Berne
- Offices régionaux à Porrentruy, St-Gall et Agarone



sol-E Suisse SA
 Viktoriaplatz 2
 3000 Berne 25
 Téléphone 058 263 62 62
 www.solesuisse.ch

sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard

7

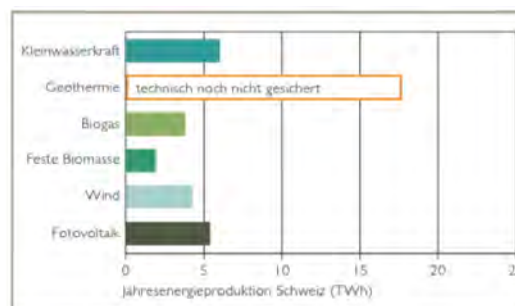
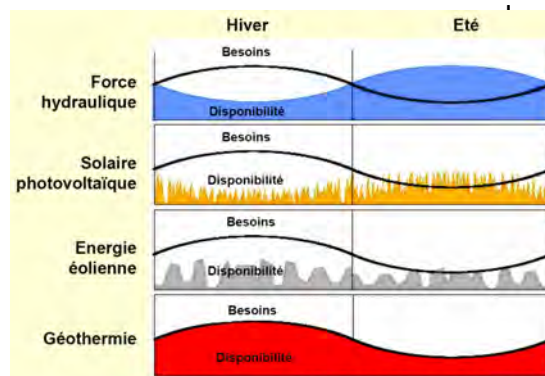


Solutions énergétiques durables
 Soluzioni energetiche sostenibili
 Nachhaltige Energielösungen
 Une société du groupe FMB

2. Motivations d'investissement dans la géothermie (I)

- Faible emprise sur le paysage
- Source de chaleur constante

I Atouts



sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard

8

2. Motivations d'investissement dans la géothermie (I)

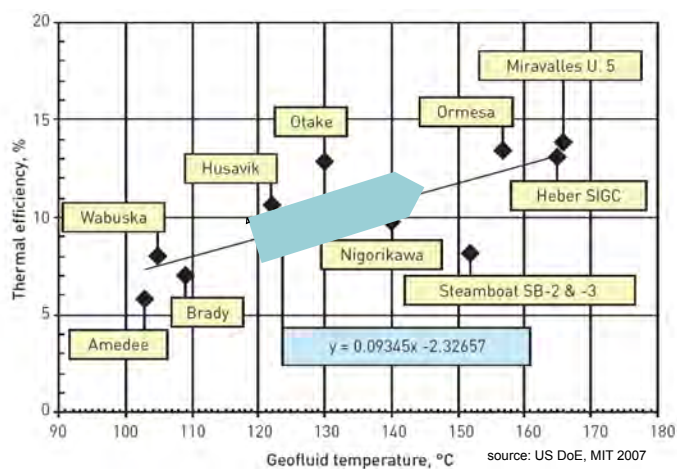
II Evolution positive des conditions-cadre

- Garantie de risque de la Confédération (jusqu'à 50 % des coûts dès forage)
- RPC à 40 c/kWh
- Ouverture des autorités fédérales et cantonales
- Partenariats possibles
- Propositions d'amélioration dans le projet de nouvelle loi sur l'énergie:
 - Garantie de risque jusqu'à 60 %
 - Garantie de risque étendue aux investigations en amont du 1^{er} forage
 - Bonus de 7.5 c/kWh pour projets EGS
- Projets d'amélioration:
 - Des procédures cantonales (harmonisations, octroi de concessions et autorisations, durées des procédures)
 - Soutien financier à l'exploration du soubassement profond de la Suisse

3. SWOT

- Technique actuelle permet une exploration efficace et une utilisation raisonnable de la ressource
- Evolution favorable de la politique énergétique
- Soutiens financiers en amélioration
- Accès au savoir-faire facilité

Pour générer de l'électricité à partir de la chaleur du sous-sol il n'y qu'une voie...



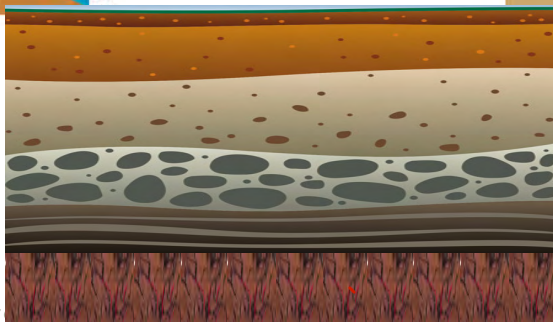
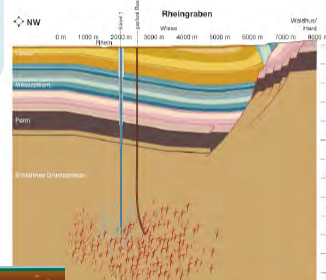
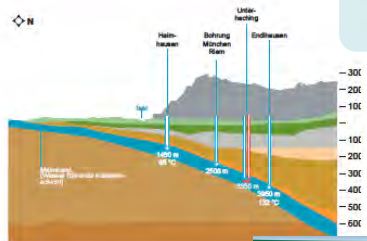
sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard

«Le chemin est le but»

Hydrothermal

Petrothermal

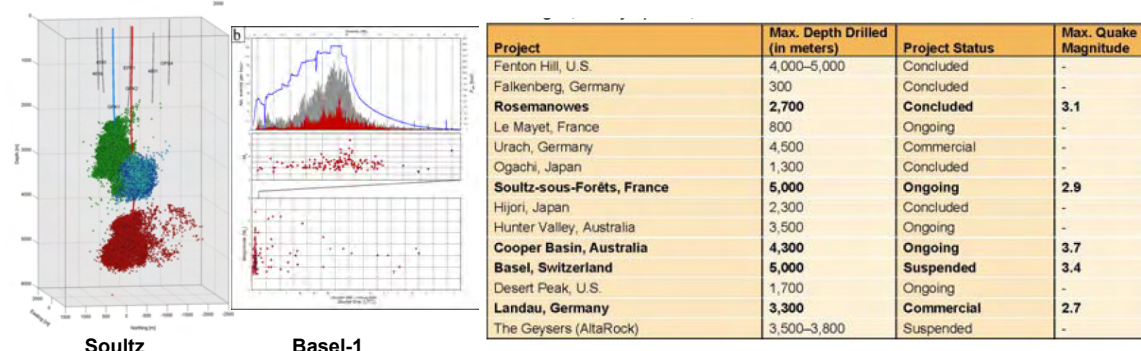
EVOLVED HYDROTHERMAL SYSTEM
 EHS



sol-E Suisse SA,

4. Logique économique et technologique

Les succès récents au niveau mondial le montrent: EGS est la voie à suivre, mais...



... il est important de progresser selon des protocoles prudents en accord avec les autorités de régulation et avec le soutien de la population concernée

Donc: stimulation qu'après une caractérisation solide du réservoir et concentrée sur des discontinuités géologiques existantes pour limiter la microsismicité à des niveaux très faibles.

Pour rappel: Basel-1: 3.2 sur l'échelle de Richter, à savoir 100'000 <<< que Fukushima!

4. Logique économique et technologique

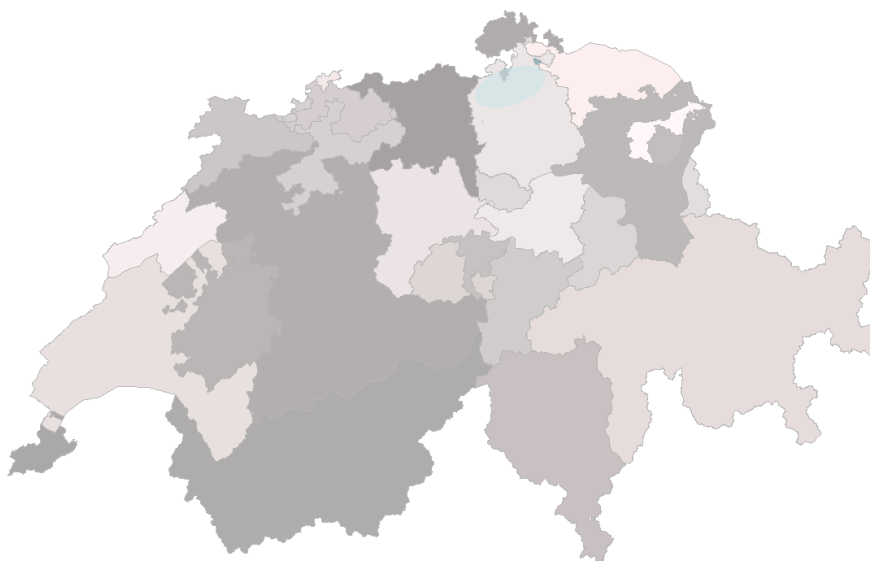
Objectif à l'horizon 2013-2020: prouver la fiabilité et la rentabilité d'installations géothermiques EHS-EGS avec pour point focal GP Eclépens Vorgehen

Démarche:

- Concentration sur le site le plus favorable possible pour la construction et l'exploitation d'un démonstrateur grandeur nature de classe 4 MW électrique
- Partenariat industriel fort (convergences stratégique, savoir-faire complémentaire, base financière solide)
- Accompagnement scientifique et technologique de pointe
- Veille technologique et exploration du territoire

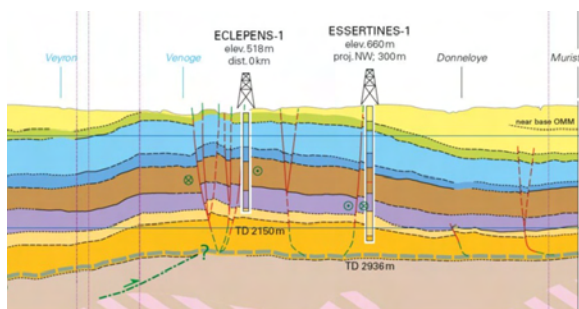
Participation à l'amélioration des conditions-cadre:

- Membre fondateur de l'Alliance géothermie profonde
- Co-rédacteur de la réponse à la procédure de consultation sur la nouvelle loi sur l'énergie
- Participation à des actions d'information

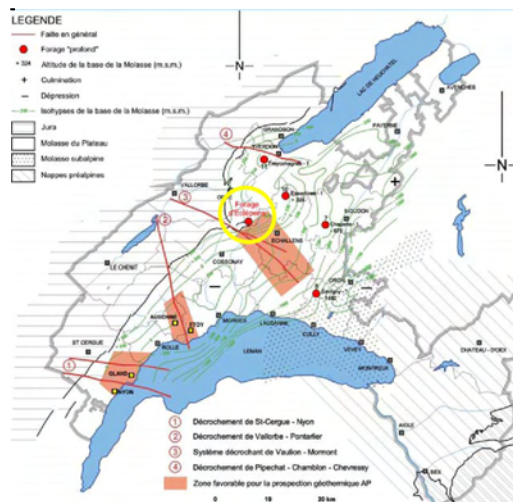


sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard

6. GP Eclépens (I)



Geologische Interpretation basierend auf bestehenden Seismikdaten

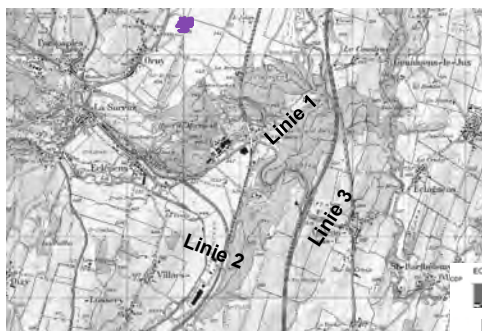


sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard

Seite

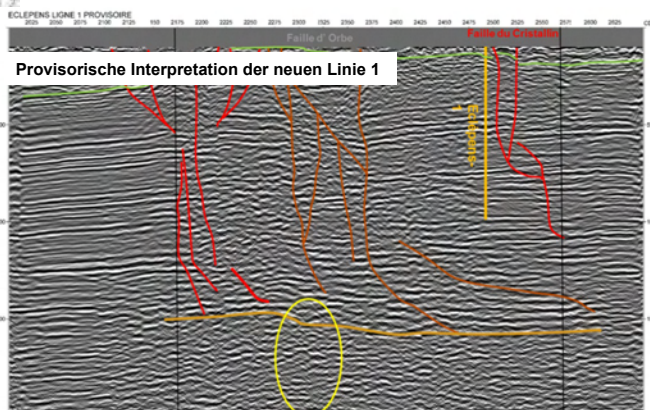
16

6. GP Eclépens (II)

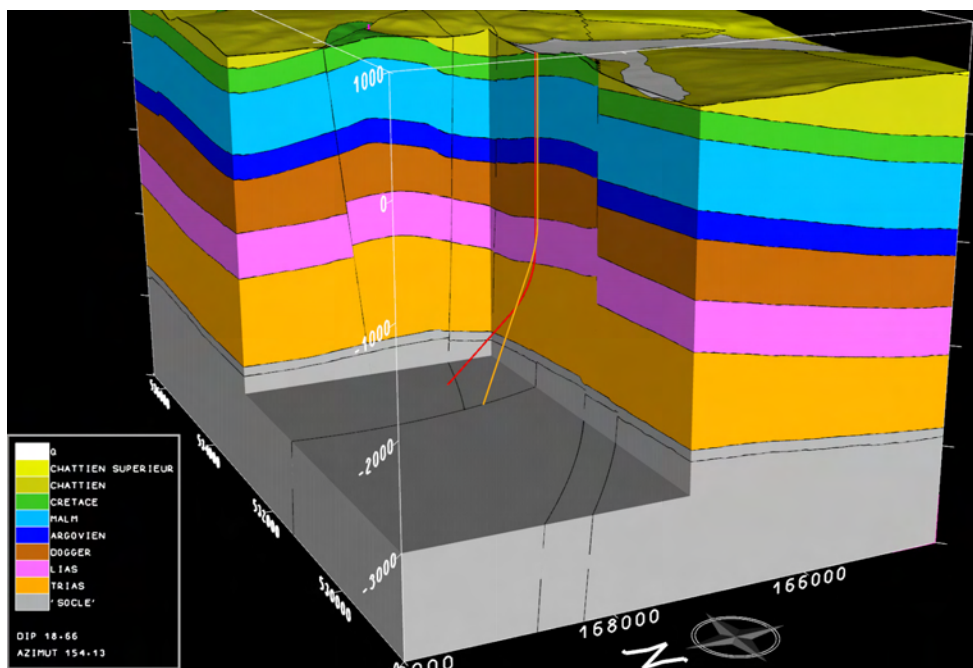


Données de base:

- 2 forages en doublet de profondeur > 4'000 m
- Températures escomptées: > 140°C
- Débit escompté: 30 à 120 l/s
- Coûts estimatifs: env. 90 MCHF



6. GP Eclépens (III)



Cible prioritaire: socle permo-carbonifère ou granitique (?)

Atouts du site

- Gradient géothermique anormalement élevé de $> 40^{\circ}\text{C}/\text{km}$ permettant d'atteindre l'horizon cible à des profondeurs économiquement raisonnables
- Résultats de la campagne sismique sont excellents jusqu'à 3'000 m et confirment la structure du sous-sol. Des études complémentaires sont en cours pour solidifier le pronostic à plus grande profondeur
- Réservoirs à des profondeurs moins importantes connus Malm (48°C) et Rhétien (110°C)
- Couverture de risque de la Confédération sur base d'un bon dossier assurée
- Partenariat équilibré et solide en cours de formation
- Existence d'un CAD qui pourrait se développer
- Besoins en chaleur pouvant être couverts par l'installation géothermique
- Conditions de site favorables pour la géothermie (densité de population faible, forte activité industrielle, terrains à disposition)
- Premiers pourparlers positifs avec l'OFEN et les autorités cantonales et communales

➔ **Eclépens réunit l'ensemble des conditions nécessaires à la mise sur pied d'un démonstrateur de centrales géothermiques du futur proche**

sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard

Merci pour votre attention



Installation de forage à Taufkirchen (bassin munichoïse) © Axpo

sol-E Suisse SA, Viktoriaplatz 2, 3000 Berne 25 / Copyright © 2012 / tous droits réservés/ Dr. Pascal Vinard

Géothermie profonde à Eclépens

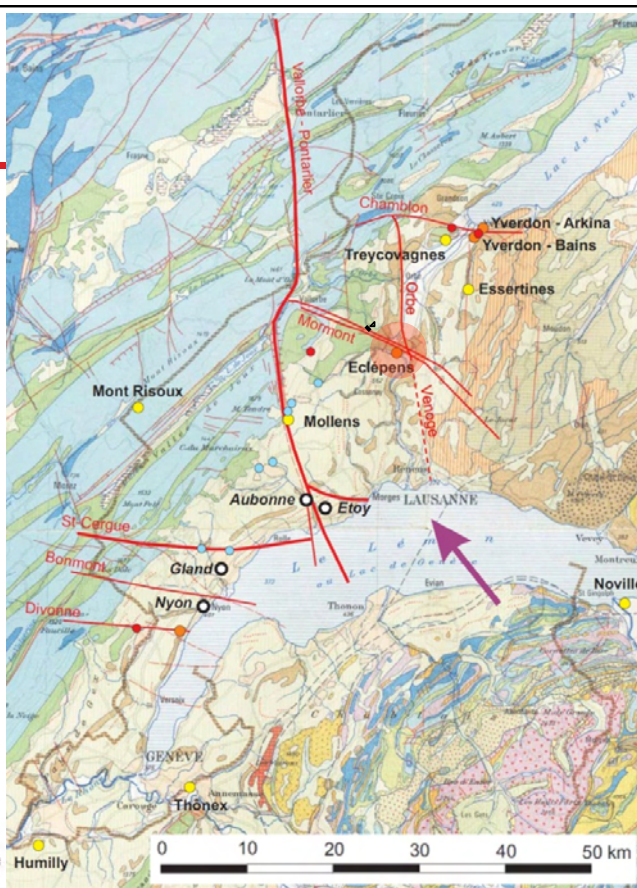
Géologie et modélisation du Mormont

Robert Arn (ARConseils) & Laurent Tacher (Terre⁺ sarl)

27 novembre 2012



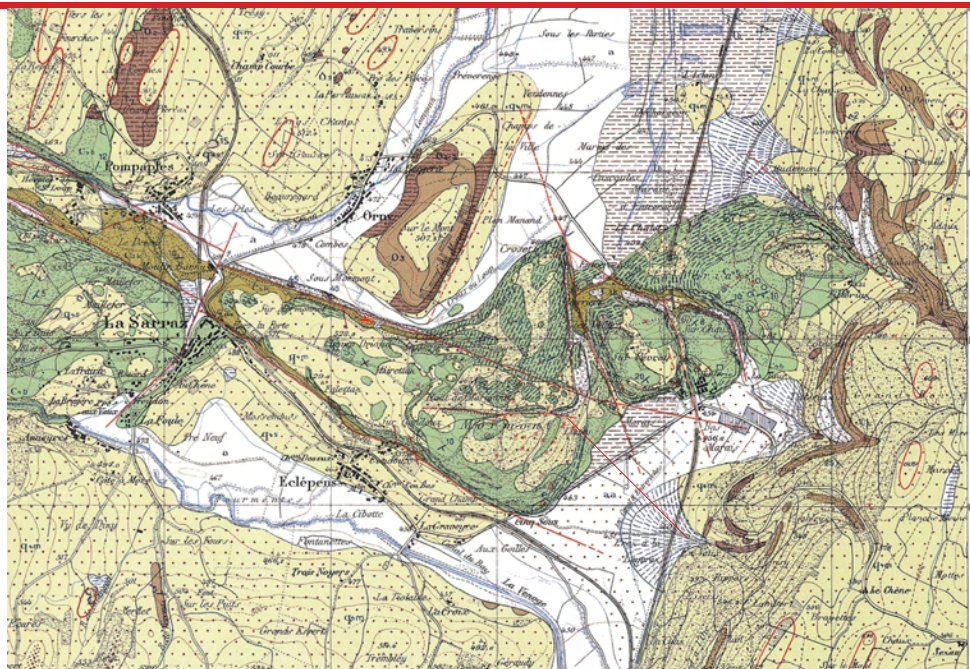
Tectonique régionale



Journée romande de la SSG



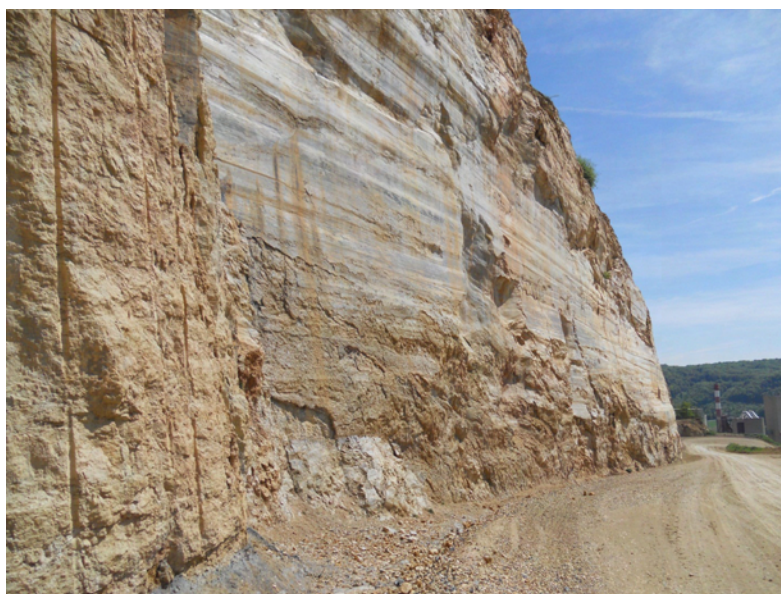
Le Mormont: observations de surface



Journée romande de la SSG

Carte géologique W. Custer 1935

Le Mormont: observations de surface



Grande faille de la carrière Holcim

Journée romande de la SSG

Le Mormont: observations de surface



Stries - Mouvement d'un décrochement

Journée romande de la SSG



Le Mormont: observations de surface



Ancien karst

Journée romande de la SSG



Le Mormont: observations de surface



Réduction du fer dans les zones faillées

Journée romande de la SSG



Le Mormont: observations de surface



Pyrite (FeS_2) sur les miroirs de faille

Journée romande de la SSG



Le Mormont: données de sismique réflexion

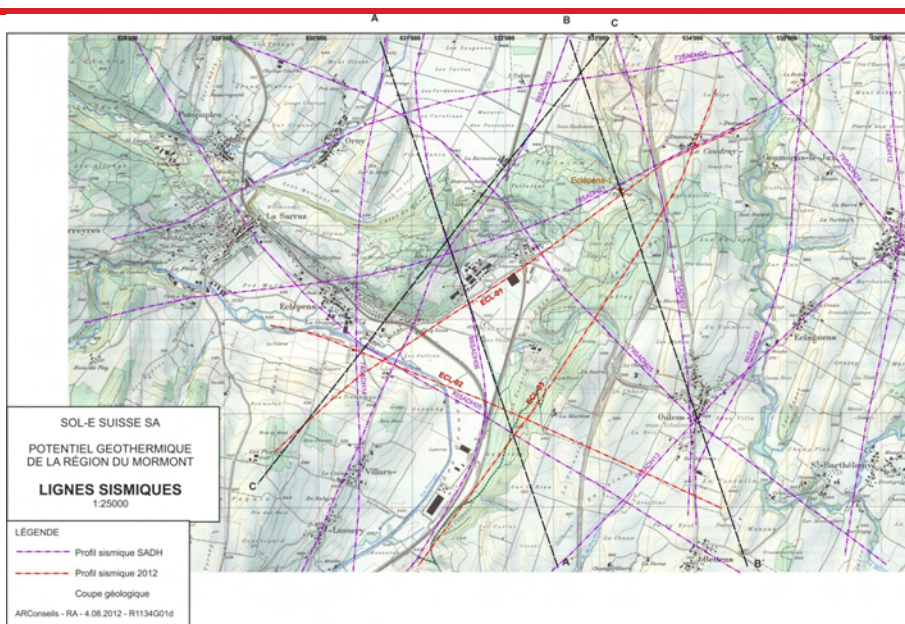


Camions vibreurs

Journée romande de la SSG



Le Mormont: données de sismique réflexion

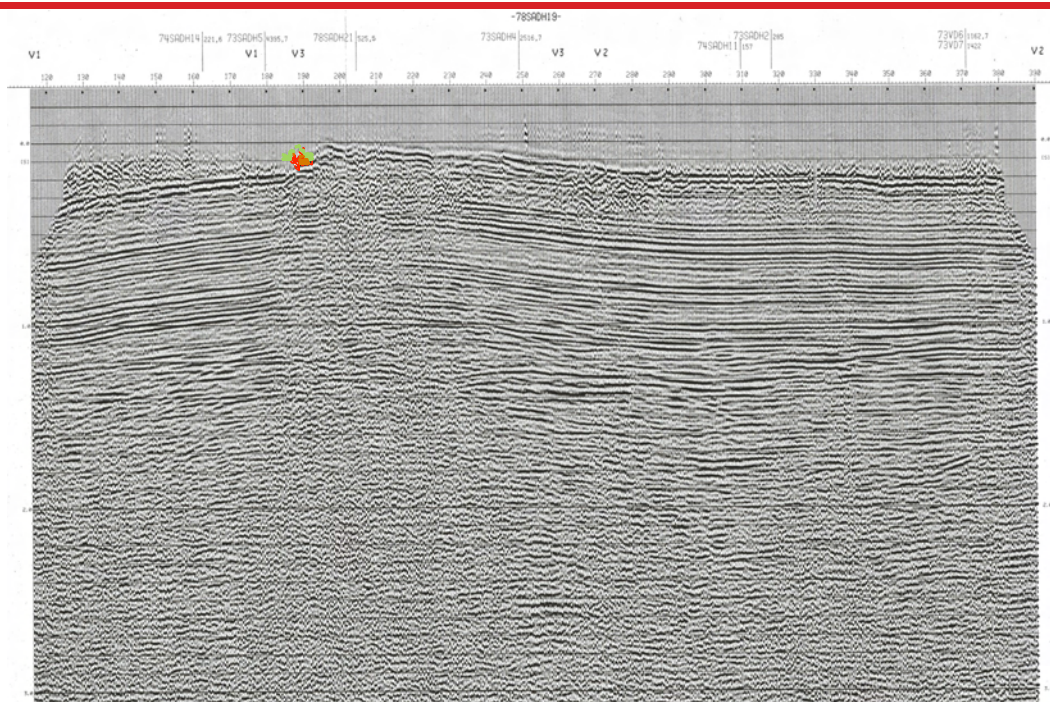


Lignes sismiques

Journée romande de la SSG

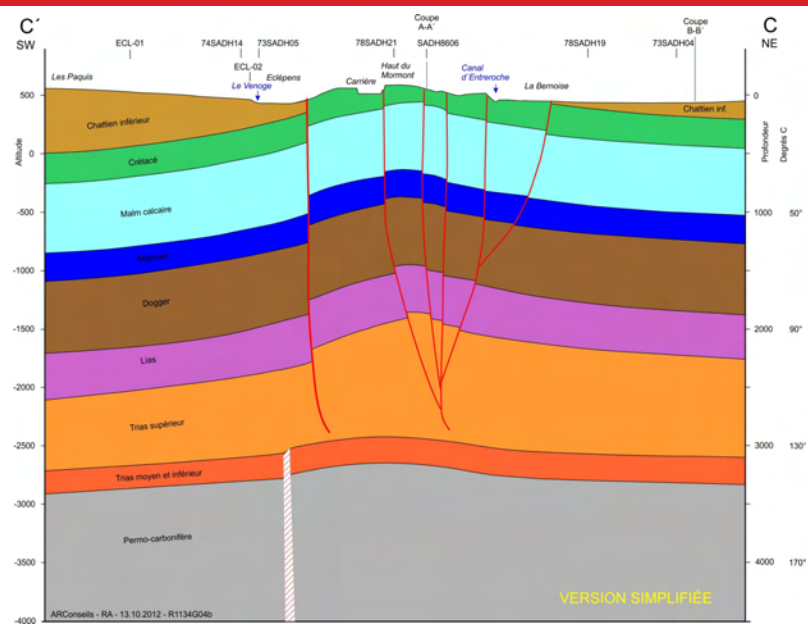


Le Mormont: données de sismique réflexion



Journée romande de la SSG

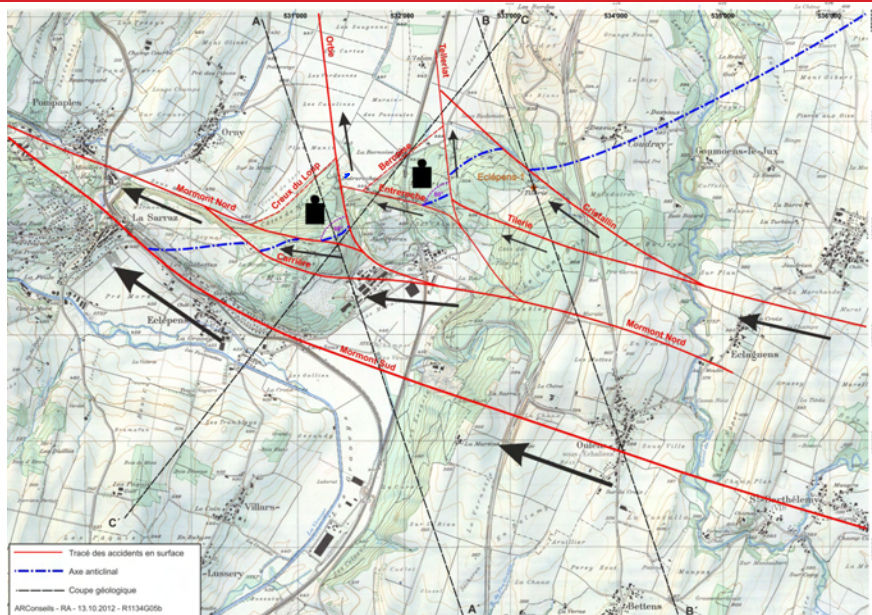
Le Mormont: synthèse tectonique



Profil C-C'

Journée romande de la SSG

Le Mormont: synthèse tectonique

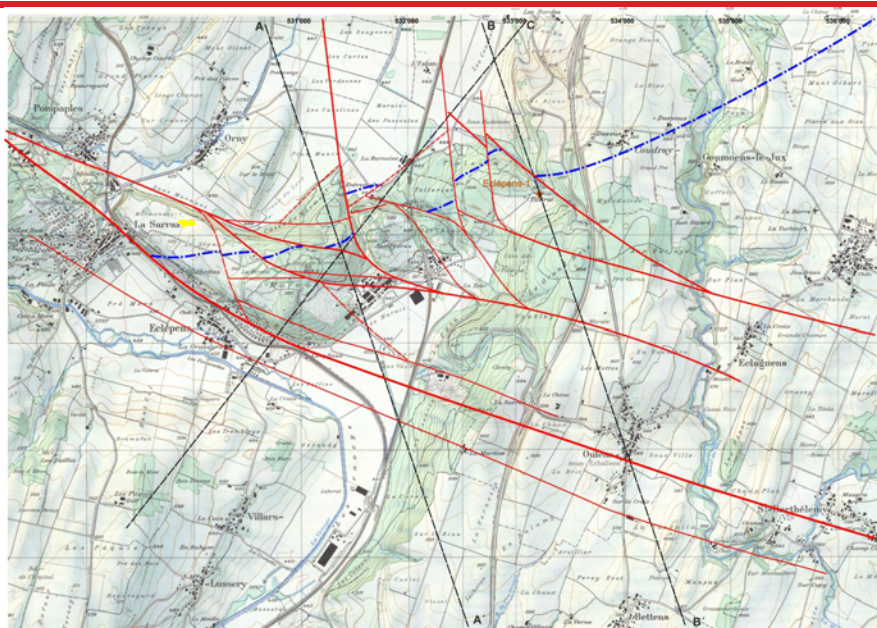


Carte tectonique didactique

Journée romande de la SSG



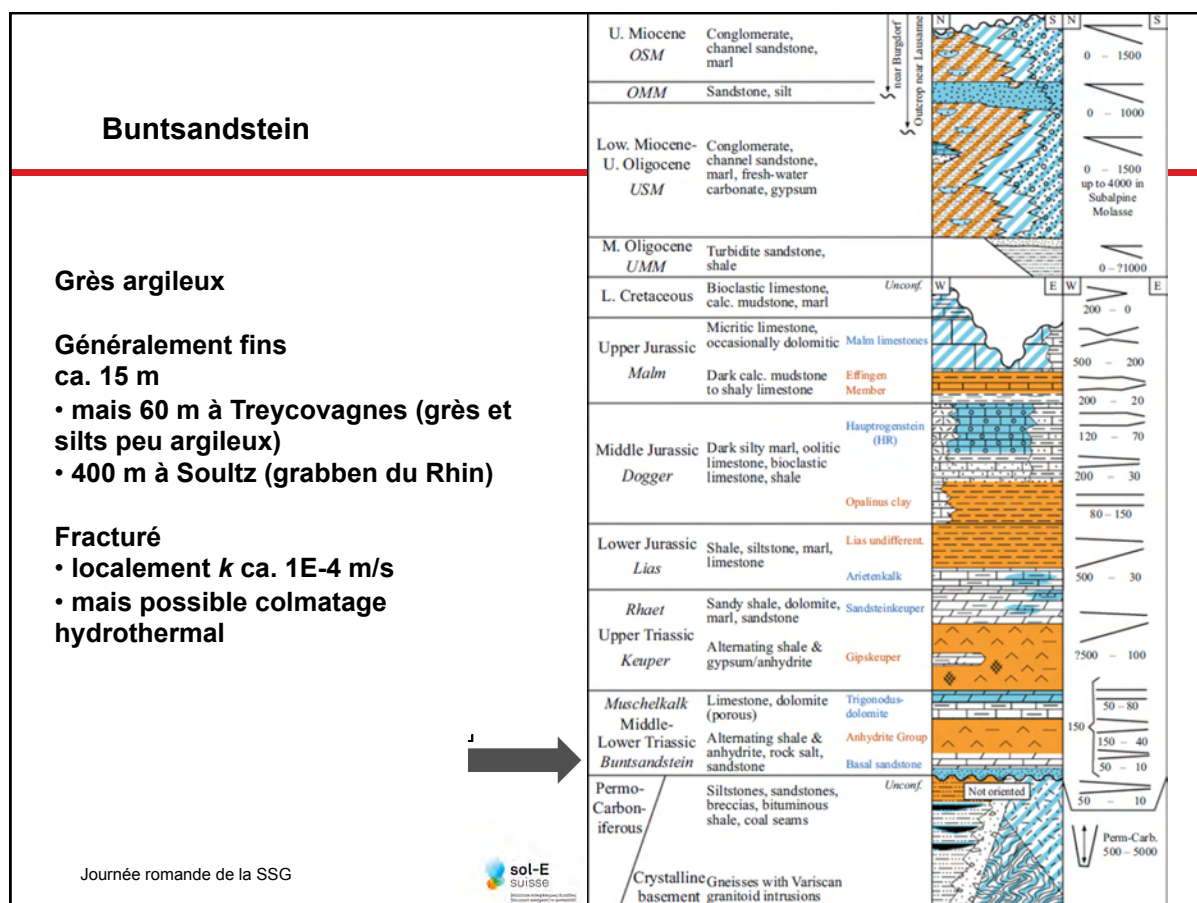
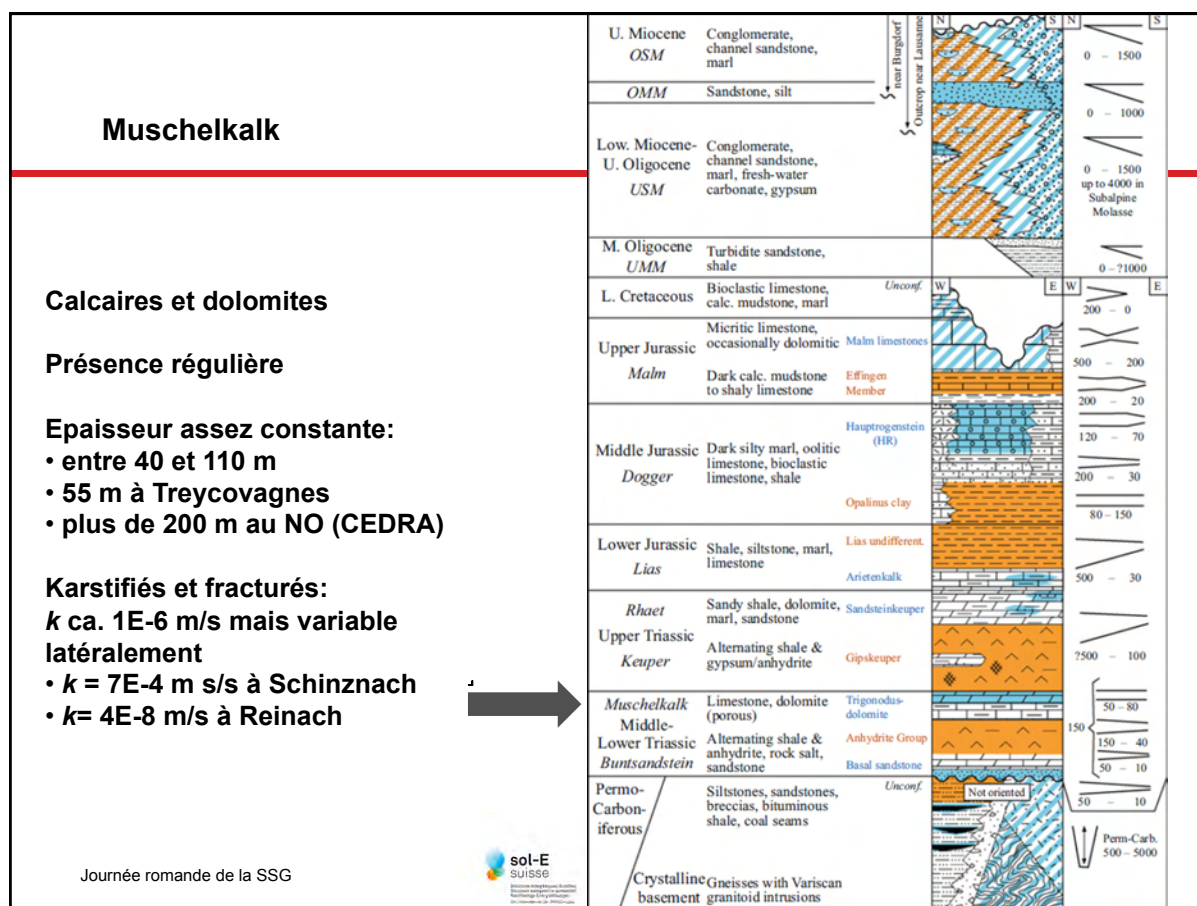
Le Mormont: synthèse tectonique

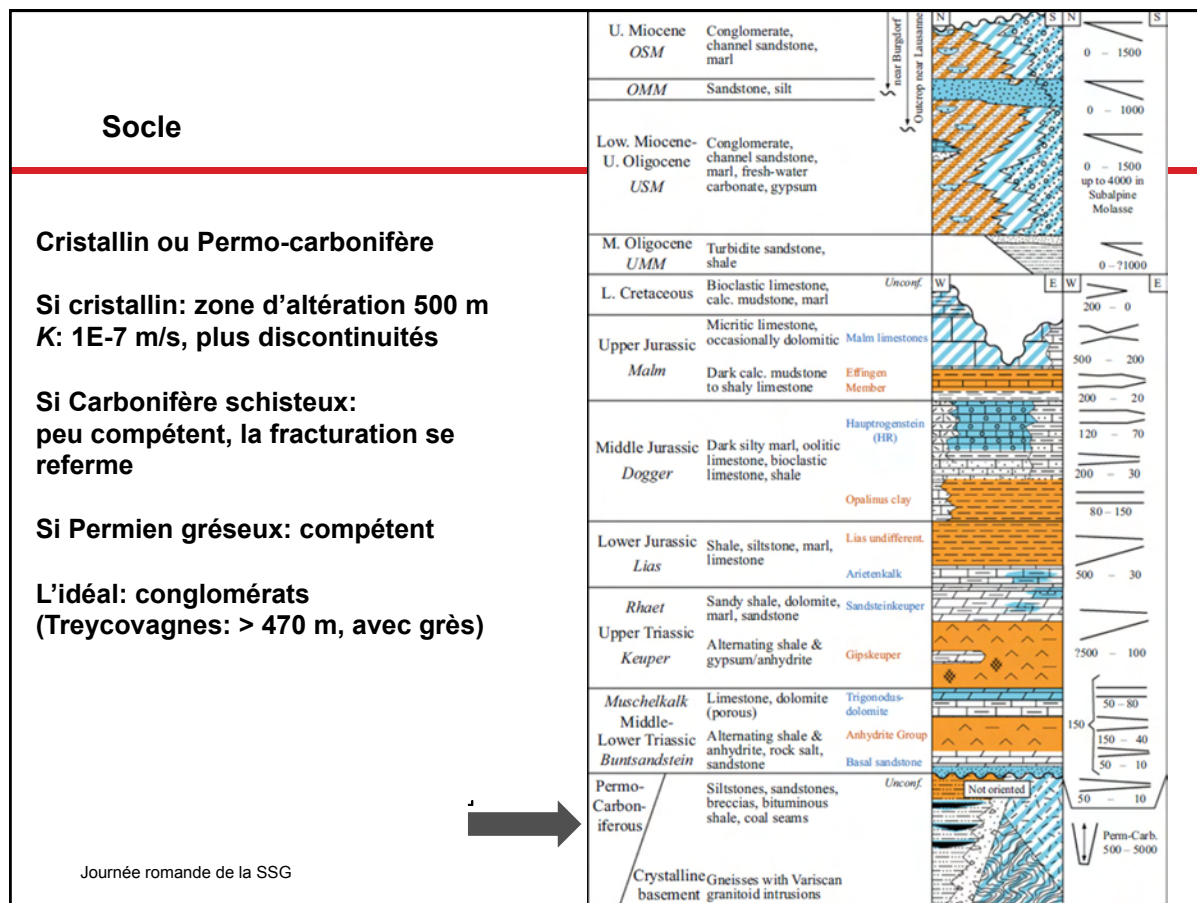


Carte tectonique complète

Journée romande de la SSG







Observations supplémentaires

Le forage de 1980 montre une anomalie thermique forte.
 Présence de bitume provenant du pétrole du Trias ou plus bas (Rhétien à Essertines)
 Présence de pyrite en tapissage des discontinuités ($H_2S \sim FeS_2$)

=> Les décrochements sont conducteurs

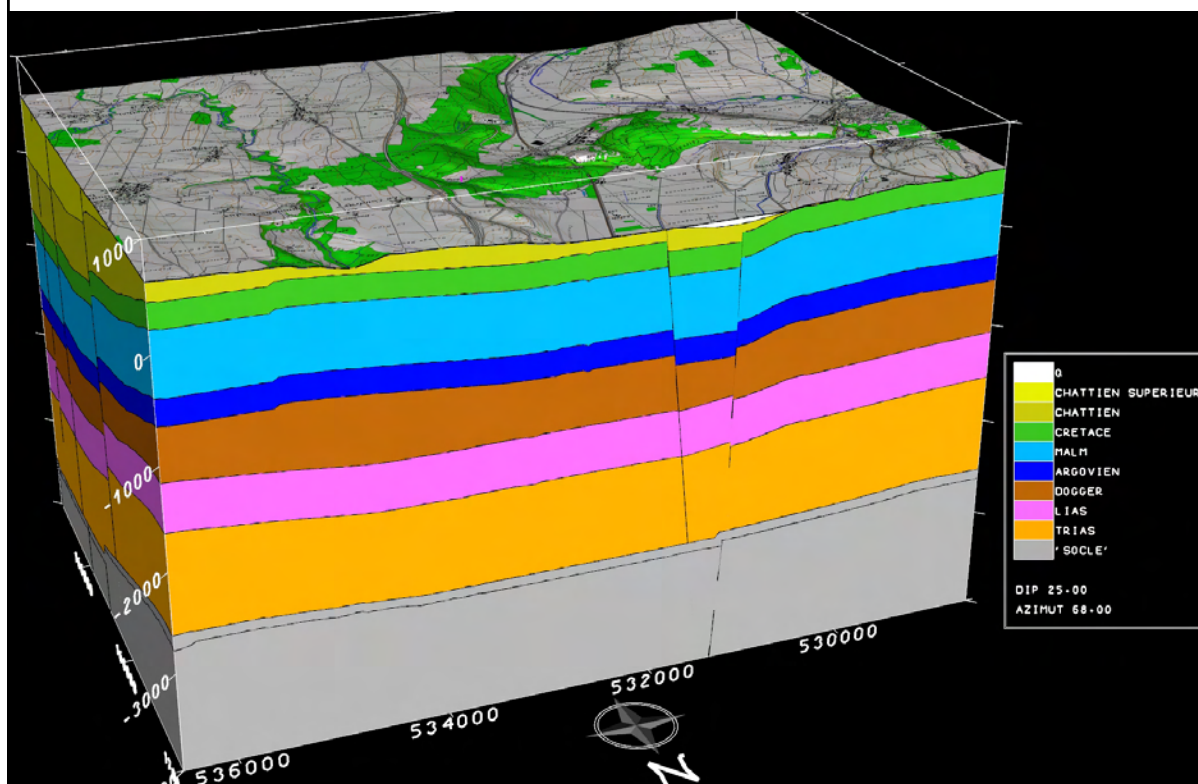
Conclusion

Il existe un système de décrochement actif hydrauliquement.

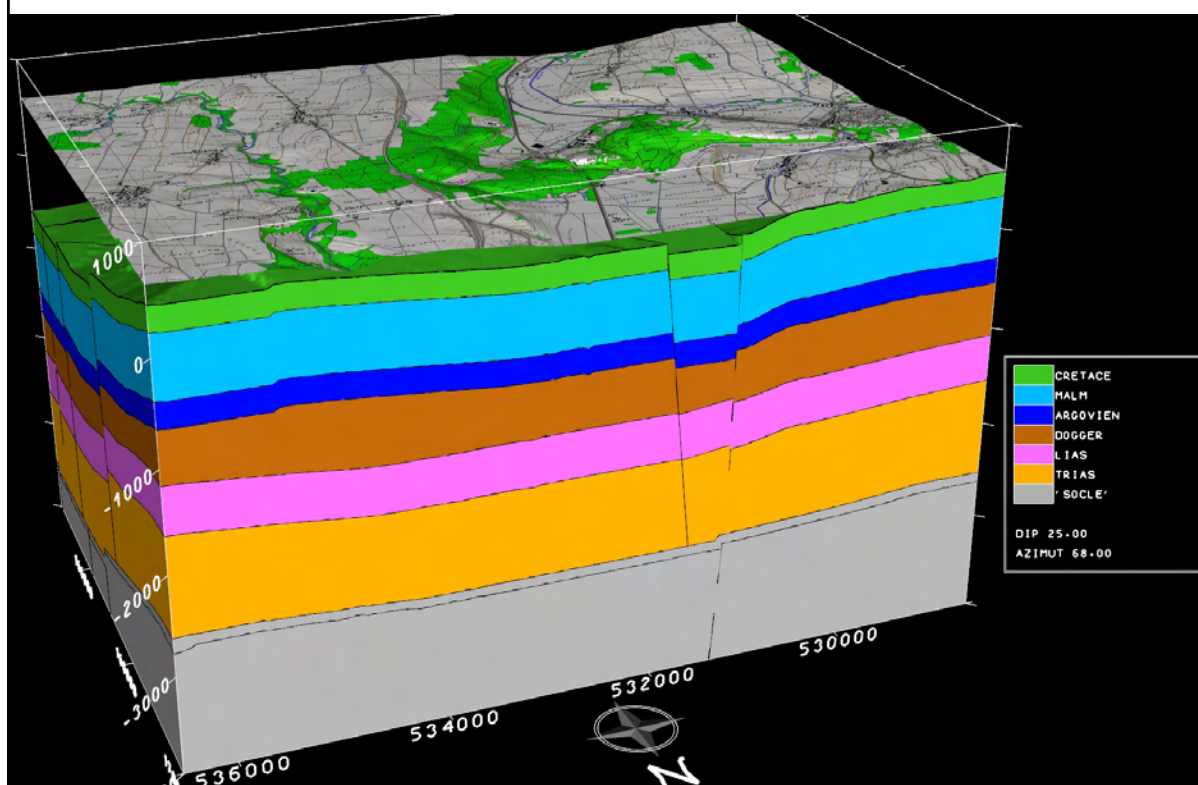
Postulat

Les décrochements affectent aussi le socle.

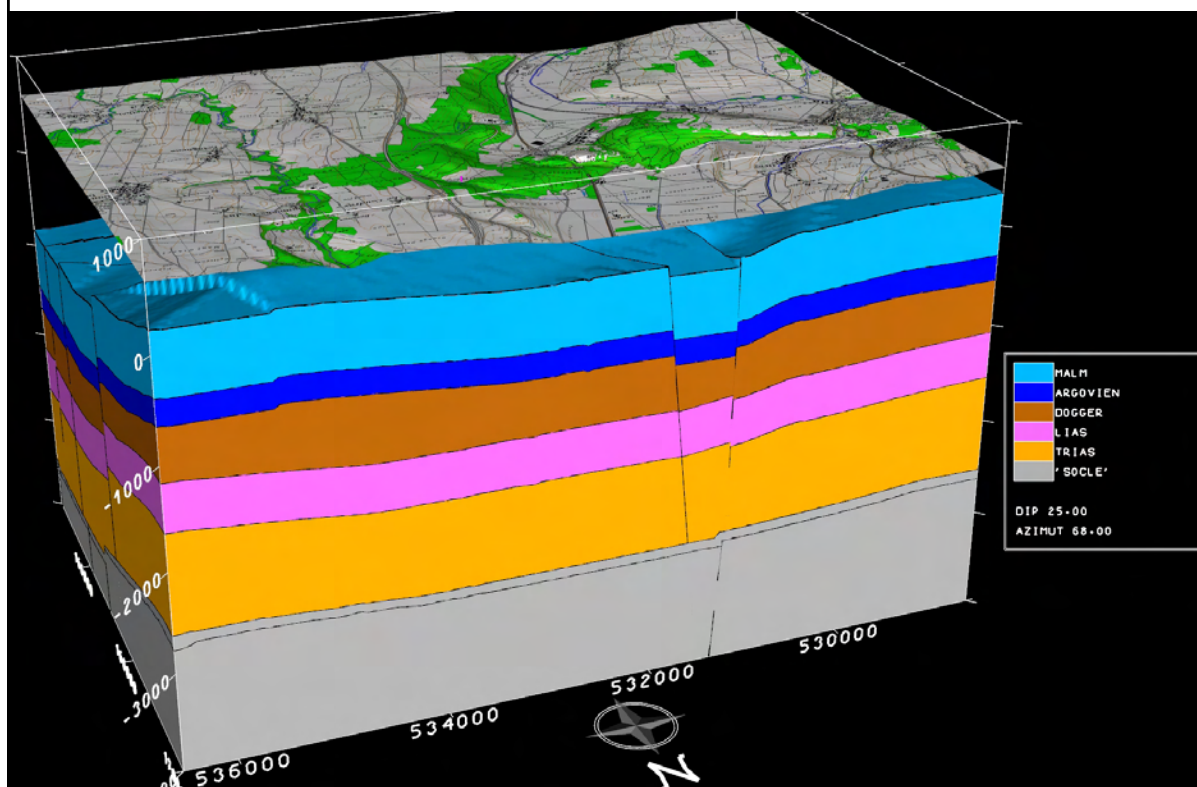
Modèle structural (v0)



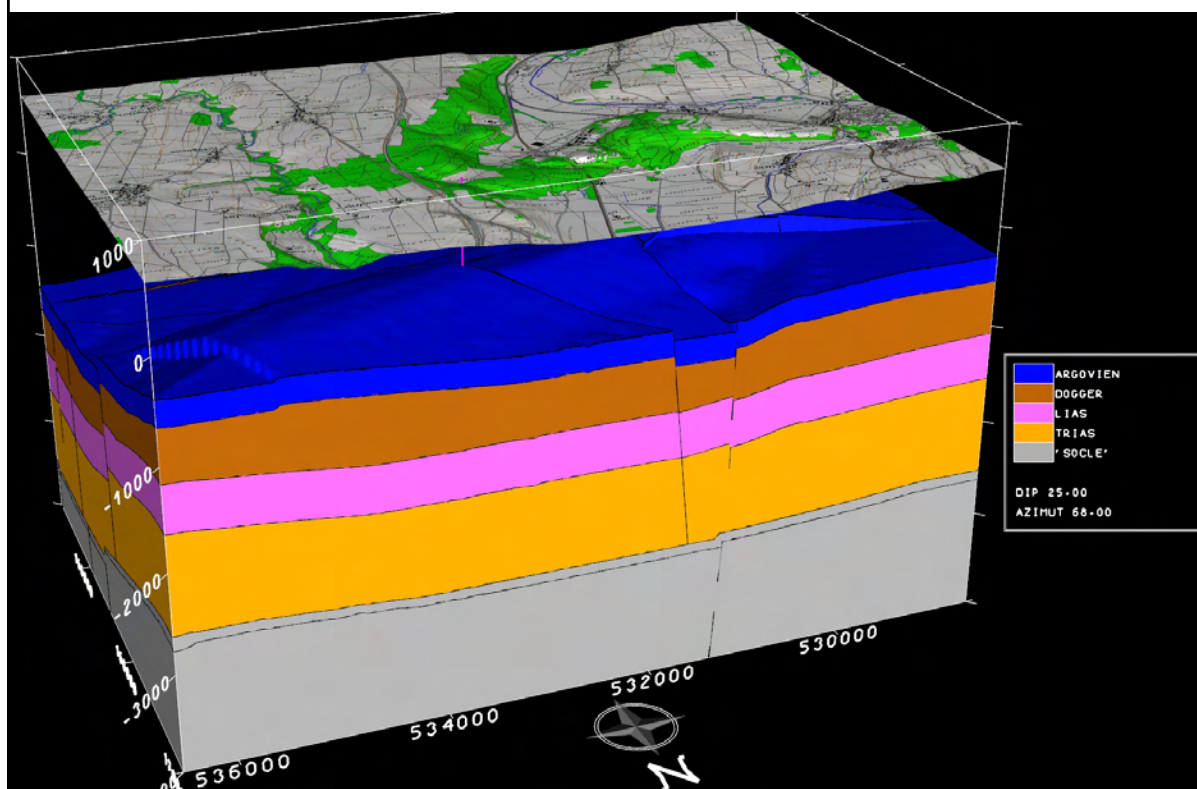
Modèle structural (v0)



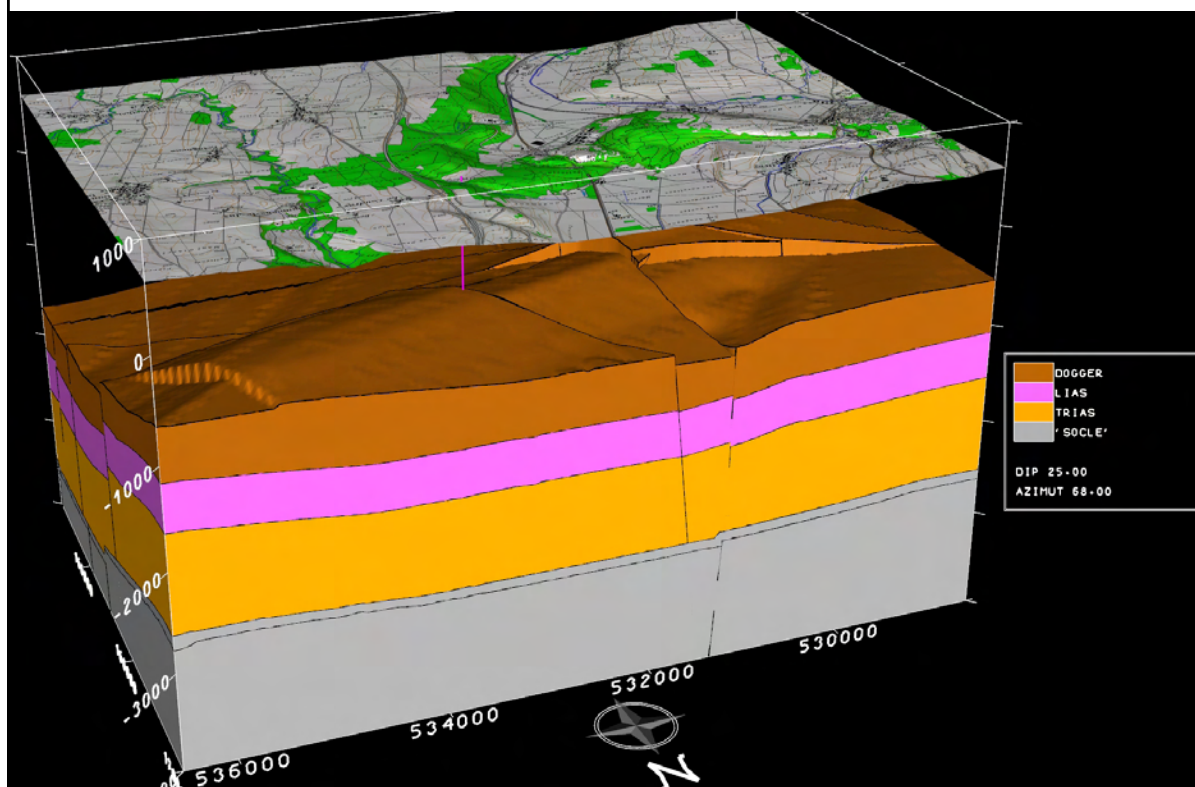
Modèle structural (v0)



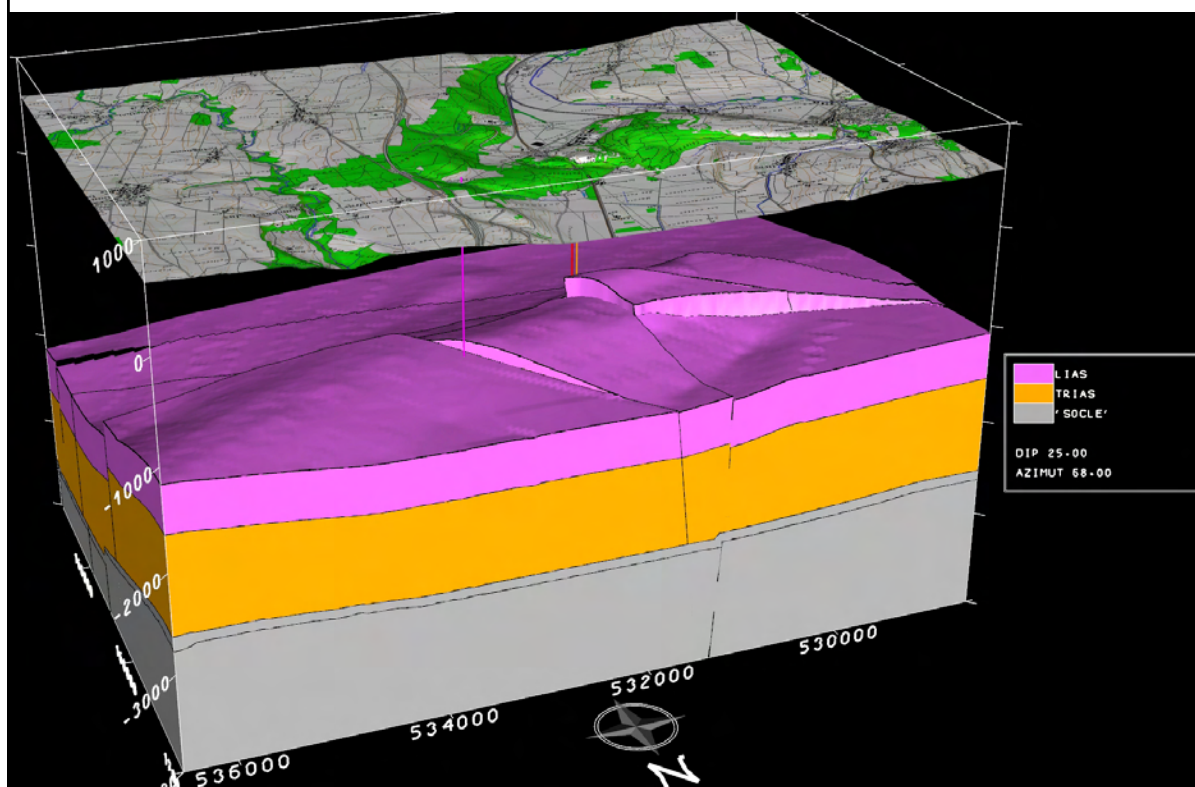
Modèle structural (v0)



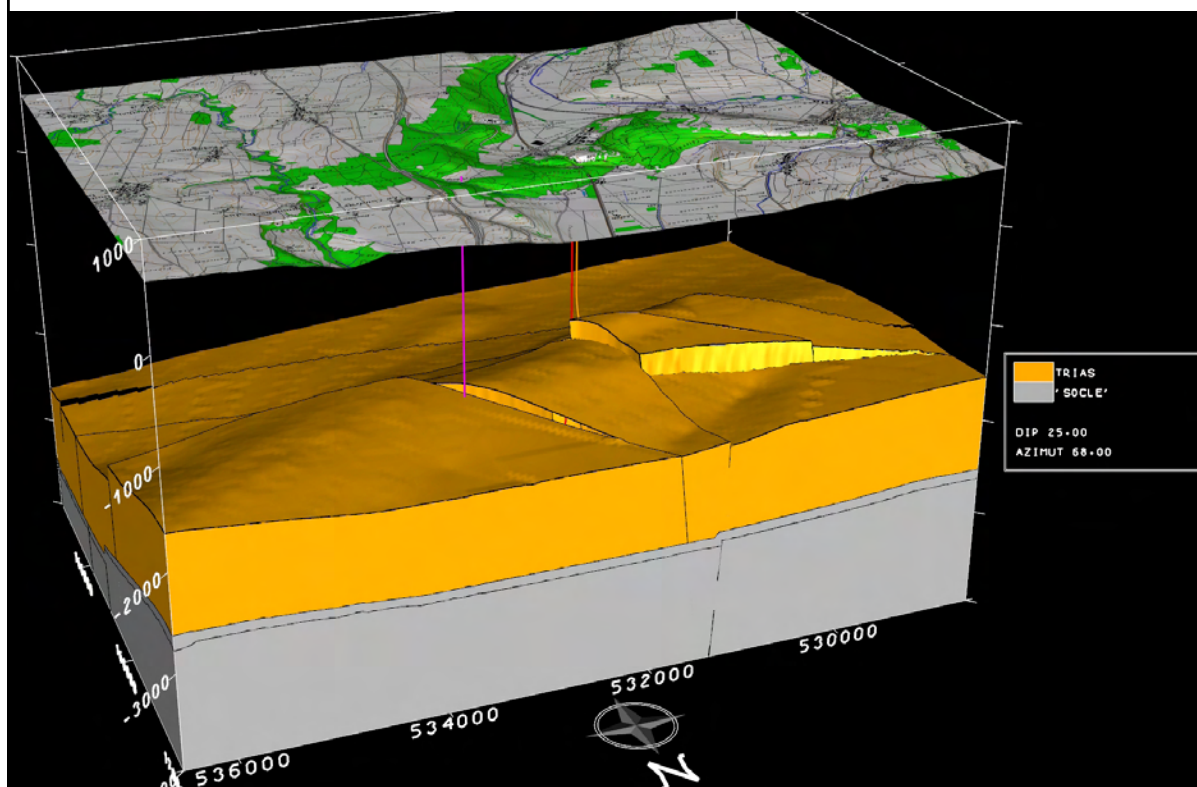
Modèle structural (v0)



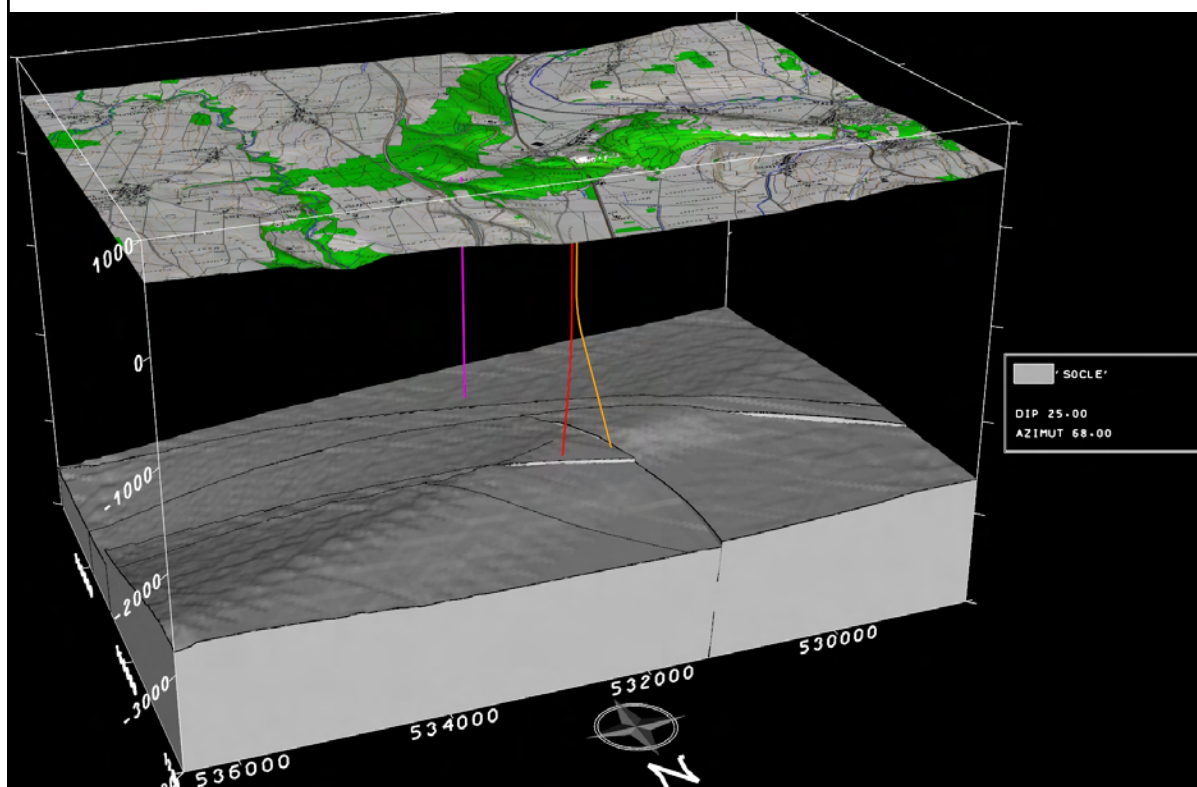
Modèle structural (v0)



Modèle structural (v0)



Modèle structural (v0)



Modèle structural => modèle numérique

Pourquoi ?

- Comprendre le champ de température mesuré (forage 1980),
- Jusqu'à quelle profondeur minimum faut-il admettre des discontinuités actives ?
- Tester le comportement du système selon la conductivité hydraulique des décrochements,
- Prévoir ce que le champ de température est là où on ne le mesure pas,
- Prévoir le fonctionnement en exploitation.



CENTRE DE COMPÉTENCE SUISSE EN
GÉOTHERMIE PROFONDE POUR LA PRODUCTION
D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR



Objectifs, stratégie et technologies de Geo-Energie Suisse SA pour un projet pilote de géothermie profonde en Suisse

Dr. Peter Meier, CEO - Olivier Zingg, chef de projet
Journée romande de la géothermie, 27 novembre 2012, Yverdon



Geo-Energie Suisse SA Centre de compétence en géothermie profonde

2

- ❑ Les 7 sociétés fondatrices veulent développer le fort potentiel de la géothermie profonde en Suisse
- ❑ Union des forces et des connaissances (projets de Bâle, Zurich, Genève, ...)
- ❑ Partage des coûts et des risques
- ❑ Union des ressources de management et des activités de recherche et de développement



Orientations stratégiques

3

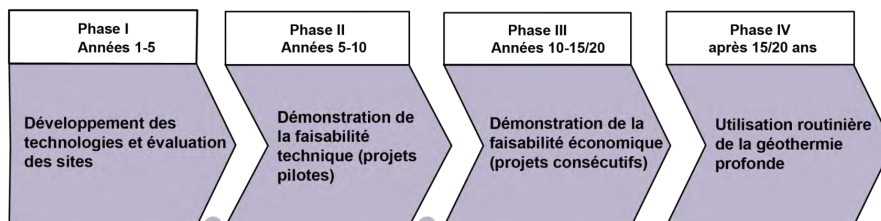
- Positionnement de Geo-Energie Suisse SA
- Promotion des conditions-cadres pour le développement de la géothermie profonde
- Recherche et Développement
- Elaboration d'un portefeuille de 4 à 6 projets pilotes

Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Phases de développement

4



Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Pourquoi se concentrer sur les EGS?

→ Les roches cristallines présentent le plus grand potentiel en Suisse!

5



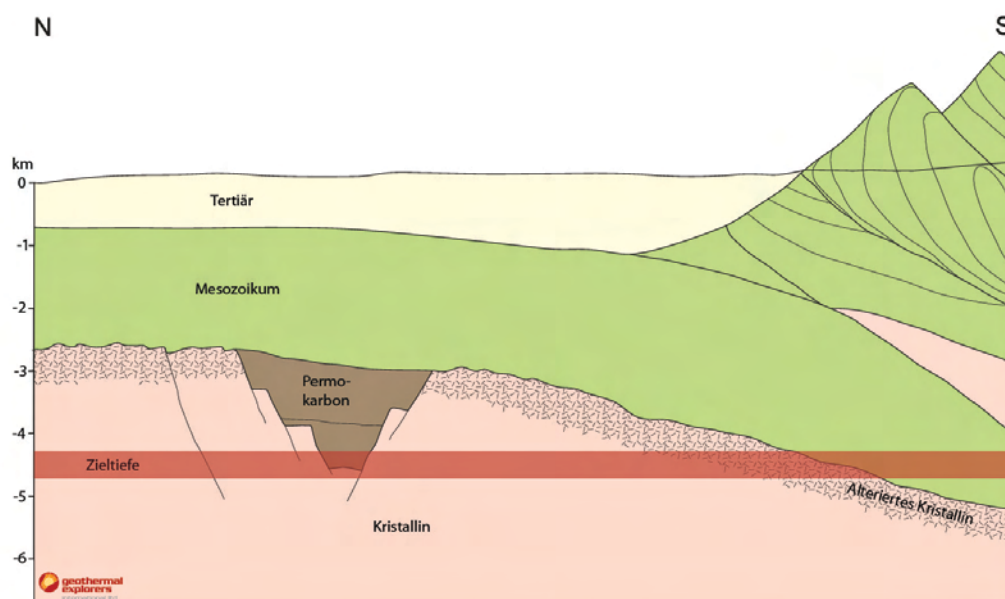
Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Pourquoi se concentrer sur les EGS?

→ Les roches cristallines présentent le plus grand potentiel en Suisse!

6

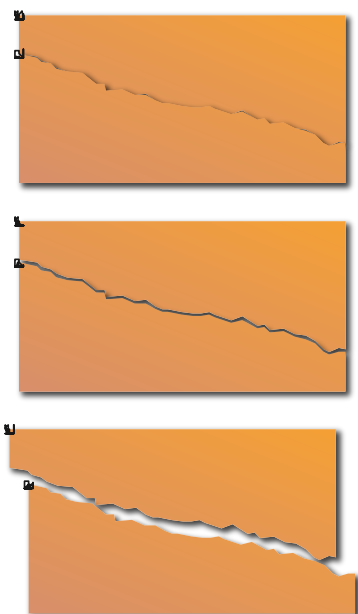


Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Pourquoi se concentrer sur les EGS?
 → Les roches cristallines peuvent être stimulées durablement!

7



Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

8

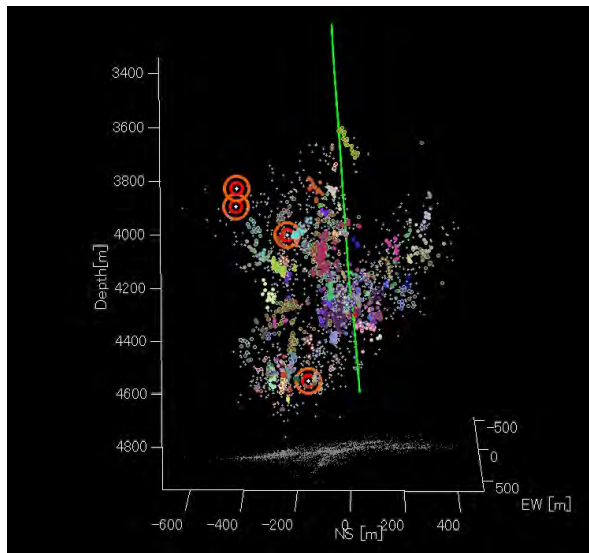
Technologie

Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

L'étude et la réinterprétation des données du projet DHM de Bâle: la base de l'élaboration d'un futur projet EGS

9

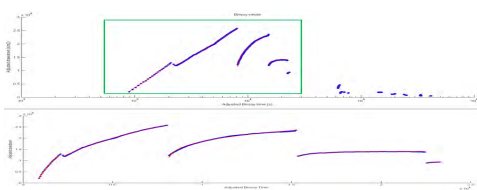
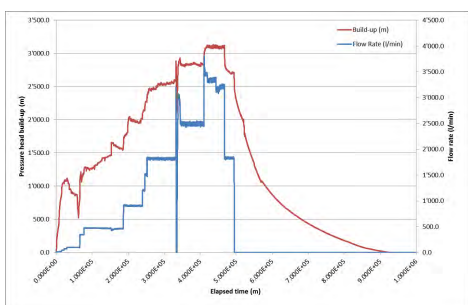


Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Réinterprétation des données du projet DHM de Bâle La conductivité hydraulique est-elle suffisante?

10

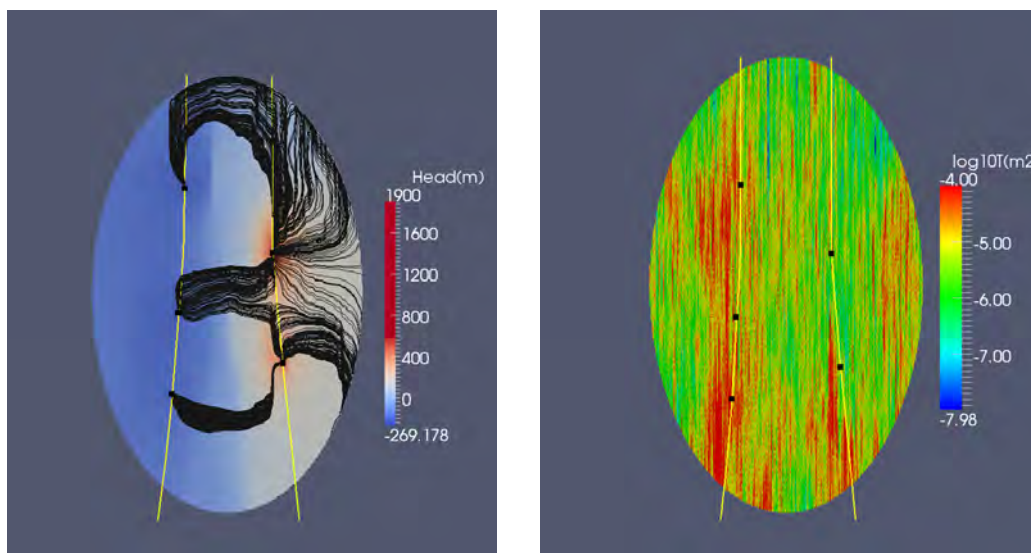


Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Effet de l'anisotropie (channeling) La surface d'échange de chaleur est-elle suffisante?

11



Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Mitigation du risque sismique: Un contrôle du risque basé sur trois piliers

12

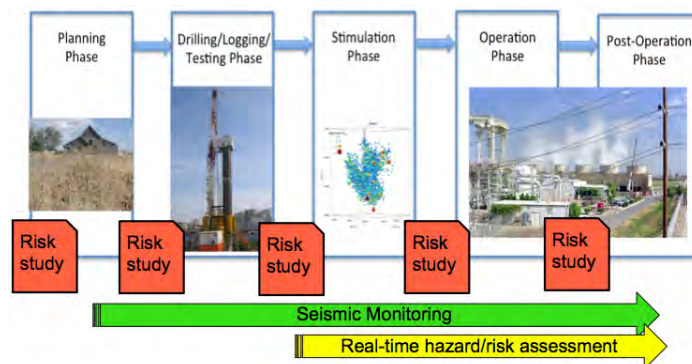
1. **Réduction du risque à la source:** design du réservoir et choix des sites.
2. **Etudes de risque** à toutes les phases du projet.
3. Mise en place d'un **système de monitoring:**
« feux de circulation » et « système prévisionnel ».

Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Etudes de risque, principes du service sismologique suisse

13

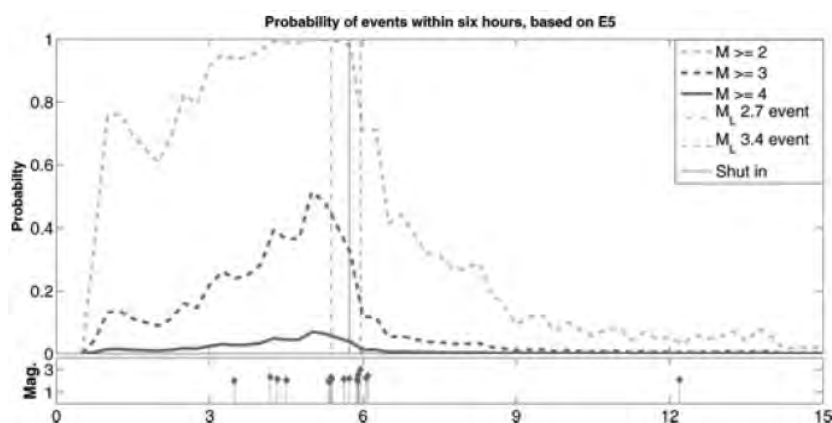


Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Développement d'un nouveau système de monitoring et de prédiction du risque

14



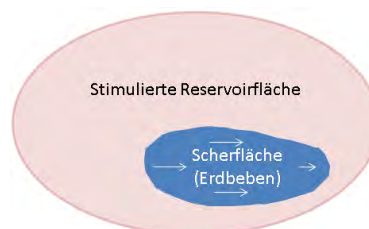
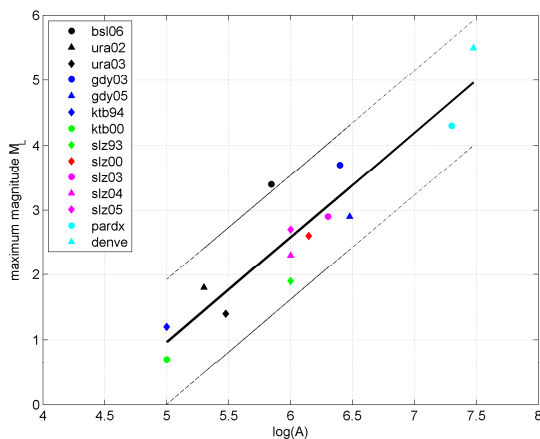
Bachmann et al. (2011)

Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Taille du réservoir vs. Sismicité induite (SERIANEX, 2009)

15



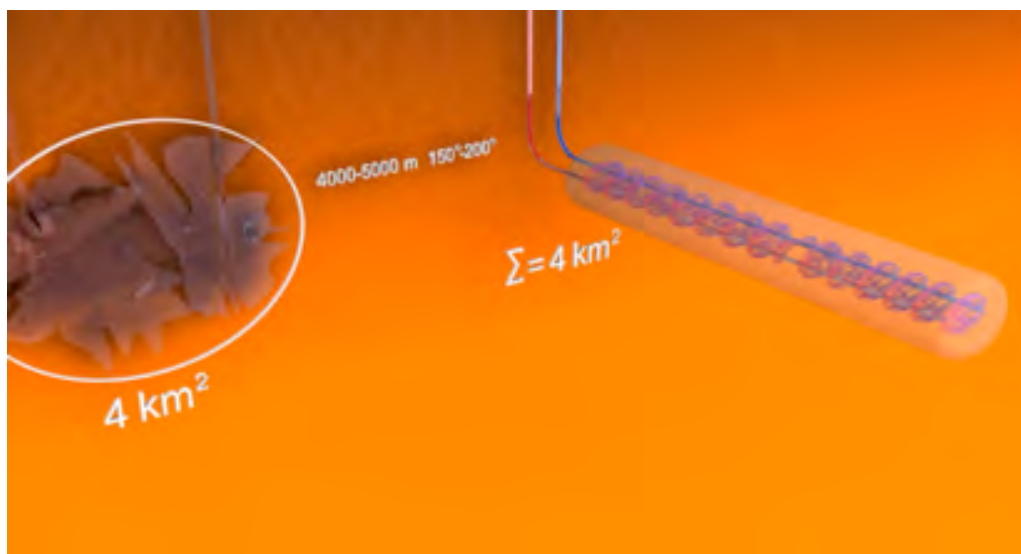
Une analyse détaillée des données de Bâle pour des fractures individuelles ainsi que des simulations numériques corroborent cette tendance générale et servent de base au dimensionnement d'un EGS «intrinsèquement sûr»

Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Concept BHM Bâle vs. Concept multi-fractures horizontal

16

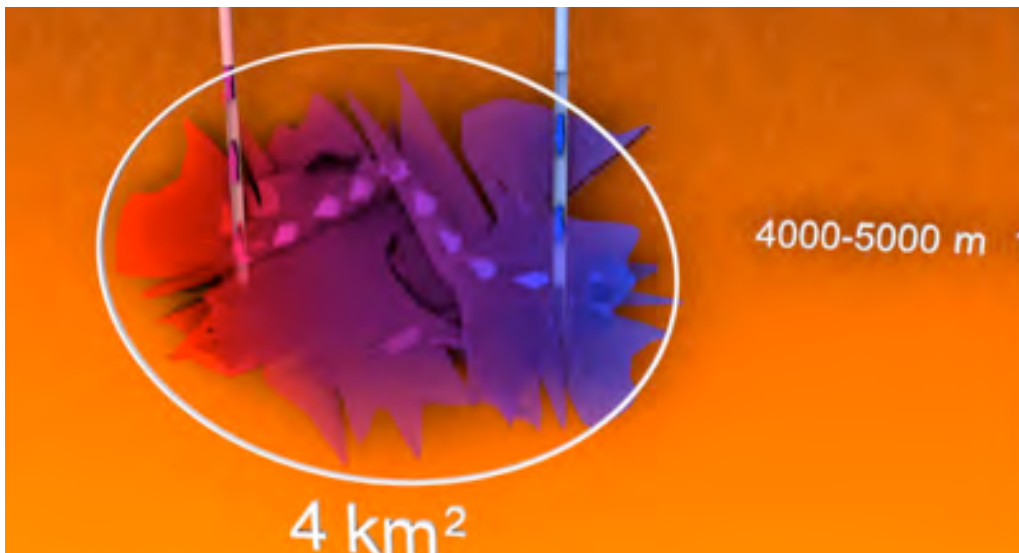


Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Concept BHM Bâle: des voies d'écoulement préférentielles dans les parties supérieures du réservoir peuvent réduire les performances du système

17

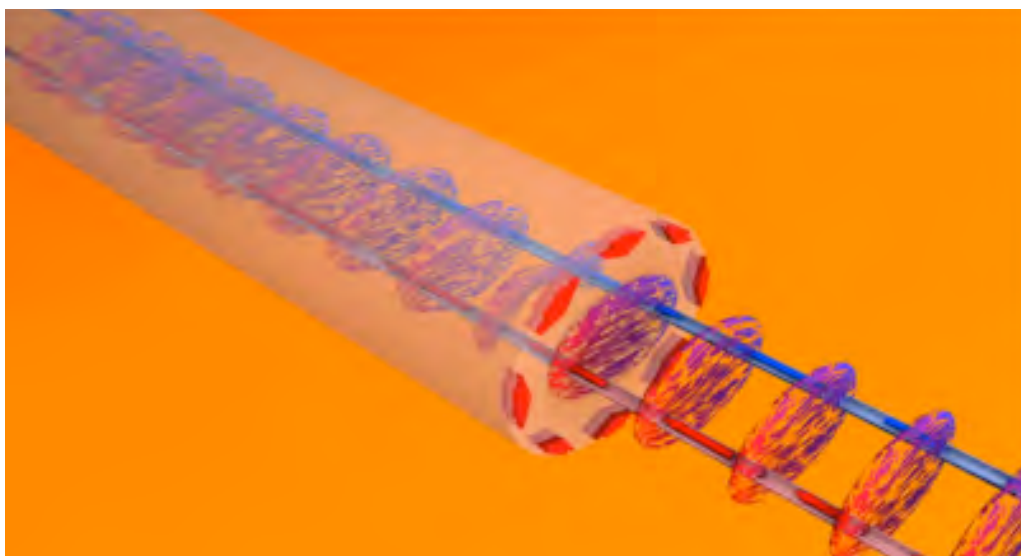


Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Concept multi-fractures horizontal: meilleur contrôle du flux et des températures à la profondeur-cible

18



Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

19

Emplacements

Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Les défis de la recherche du site idéal...

20

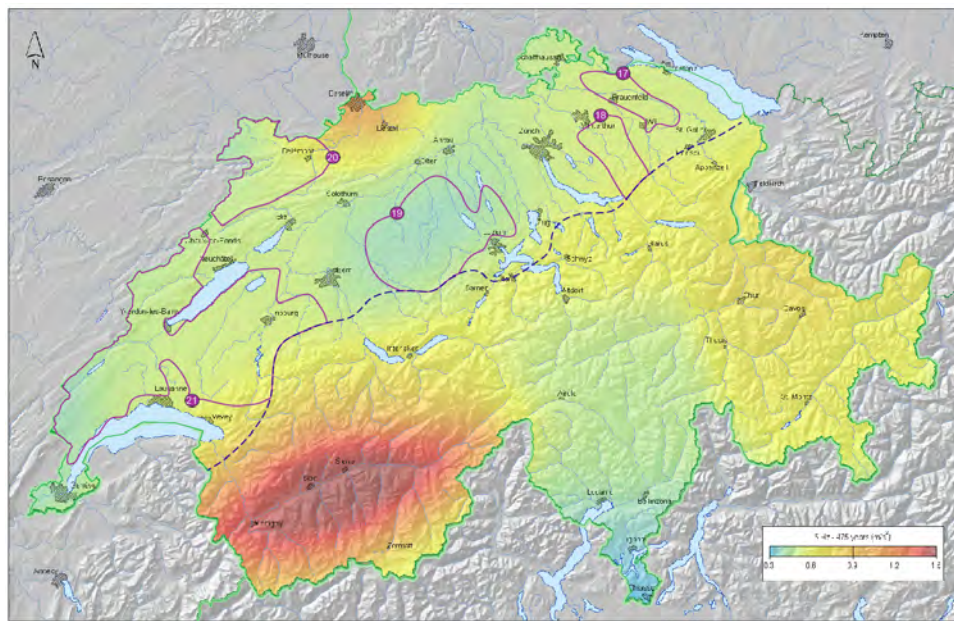


Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Régions à faible aléa sismique adaptées à des projets pilotes

21



Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Aléa et risque sismique

22



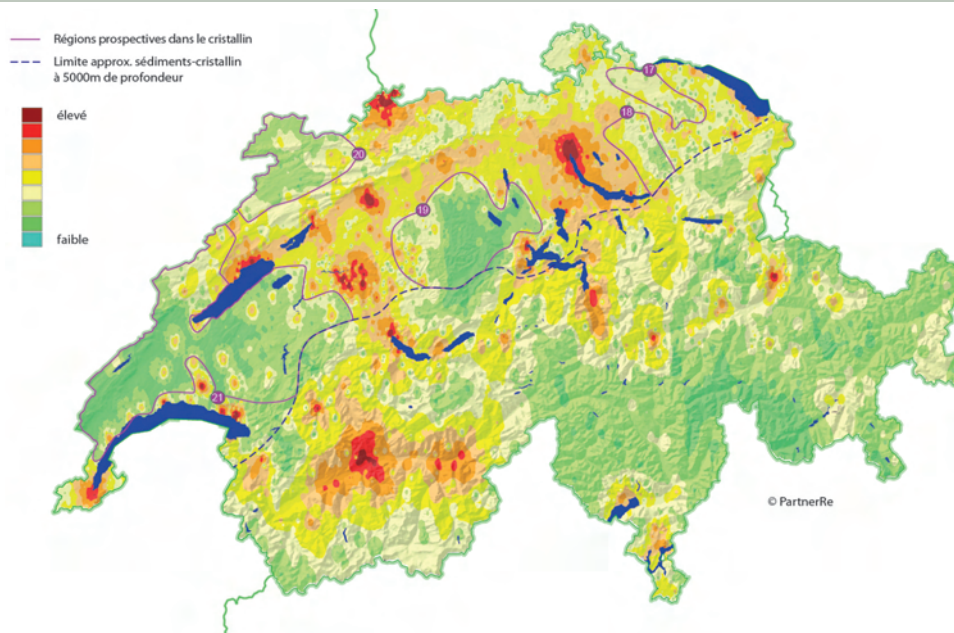
Source Service sismologique suisse / PartnerRe

Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Régions à faible risque sismique adaptées à des projets pilotes

23

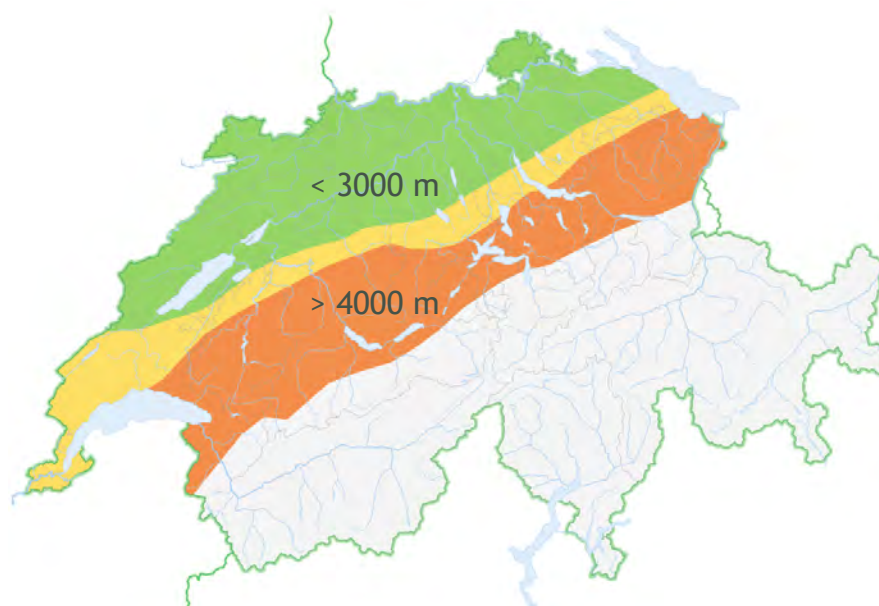


Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Projets dans le socle cristallin: critère de l'épaisseur de la couverture sédimentaire (coûts et risques techniques)

24



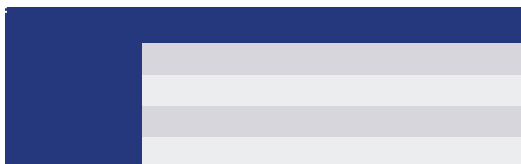
Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Identification de sites potentiels

25

130 sites ont été évalués, dont **105** dans des roches cristallines et **25** dans des roches sédimentaires. **38** sont qualifiés de «bons» et **56** de «possibles»:



Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

26

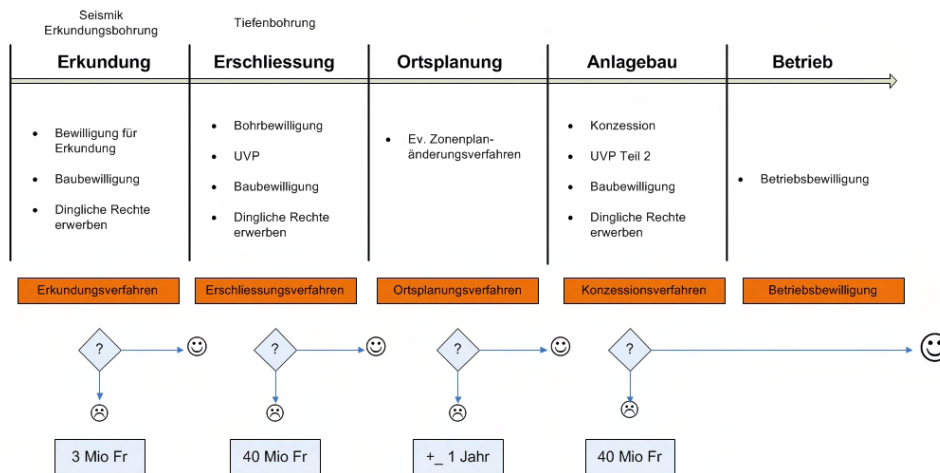
Procédures d'autorisation

Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Problématique d'une procédure par étapes exemple des réflexions menées à Lucerne

27


 Umwelt und Energie **uwe.lu.ch**

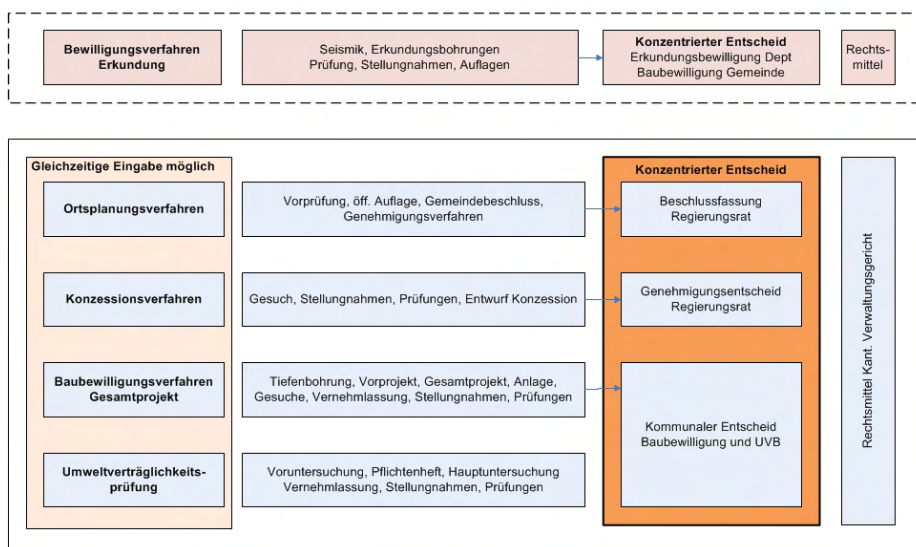
Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Proposition d'une procédure intégrée exemple des réflexions menées à Lucerne

28

Schematische Darstellung des Konzentrationsmodells; enthält keinen Anspruch auf Vollständigkeit

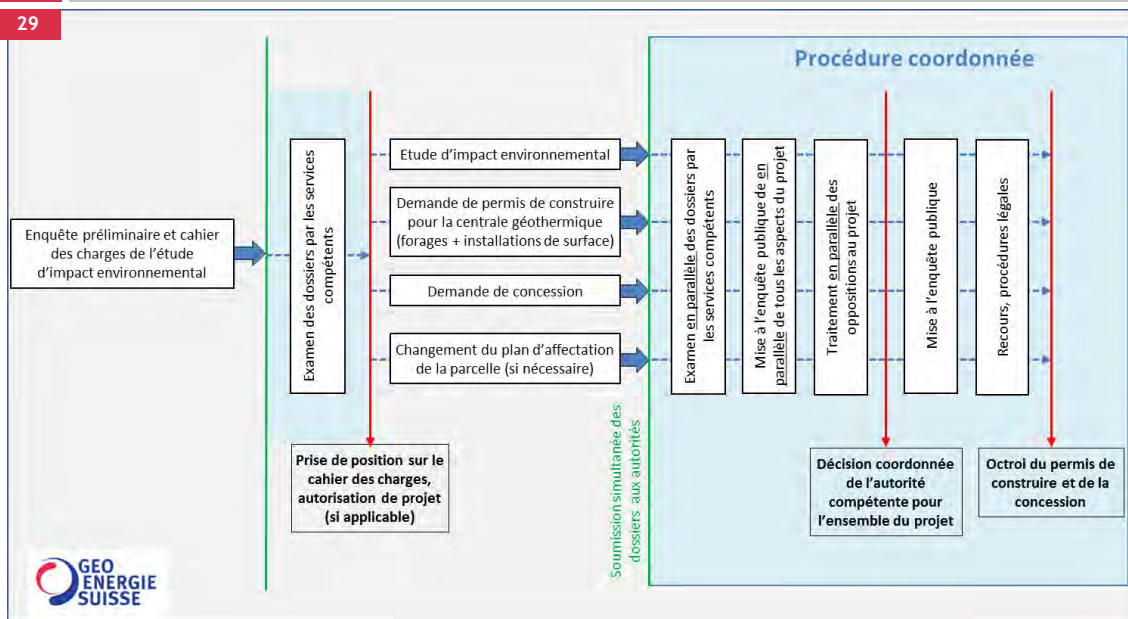

 Umwelt und Energie **uwe.lu.ch**

Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Représentation schématique d'une procédure coordonnée pour un projet pilote de géothermie profonde pour la production d'électricité et de chaleur

29



Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

Perspectives

30

- ❑ Stimulation du réservoir, mitigation des risques, forage
→ Nouveau concept basé sur les données DHM Bâle
- ❑ Viabilité économique → des meilleures conditions-cadres sont attendues en Suisse vers 2014/2015
- ❑ Acceptation publique → perspectives encourageantes

Geo-Energie Suisse SA prévoit de débiter des procédures d'autorisation sur 4 sites en Suisse au début 2013 et de réaliser un premier forage d'exploration profond en 2015.

Geo-Energie Suisse SA

27 novembre 2012

CENTRE DE COMPÉTENCE SUISSE EN
GÉOTHERMIE PROFONDE POUR LA PRODUCTION
D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR



Pourquoi se concentrer sur les systèmes géothermiques stimulés (EGS)?

32

1. Dans de vastes régions de notre pays, **les roches cristallines (granit, gneiss) dominant** aux profondeurs requises pour la production d'électricité (4000-5000 m). la présence d'aquifères naturels y est exceptionnelle. **Elles présentent donc le plus grand potentiel géothermique.**
2. Les roches cristallines **se prêtent bien à la stimulation hydraulique**, les fractures créées demeurent durablement perméables.
3. L'expérience acquise grâce aux projets de Soultz-sous-Forêts et de Bâle a permis de **démontrer la faisabilité** d'un vaste échangeur de chaleur dans ces roches.

Procédures d'autorisation

33

Afin de garantir la sécurité de l'investissement, une procédure intégrée en une étape est nécessaire: il n'est pas envisageable d'investir dans un forage d'exploration profond (plusieurs dizaines de millions) sans avoir de garantie quant à la réalisation des installations de surface (procédure en deux étapes).

- ❑ Etude d'impact environnemental
- ❑ Permis de construire pour la centrale géothermique (forages profonds + installations de surface)
- ❑ Concession (si nécessaire)
- ❑ Modification du plan d'affectation (si nécessaire)

Conditions-cadre actuelles et futures à des projets de géothermie profonde en Suisse

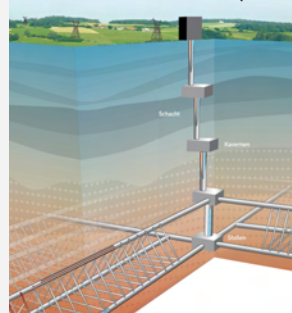
GÉOTHERMIE.CH

Société Suisse pour la Géothermie (SSG)
Antenne romande - Yverdon

Journée romande de la SSG
Yverdon, 27 novembre 2012

Pascal Vinard, membre du Comité

Grande centrale géothermique du lointain futur



source: www.ehoch10.at/

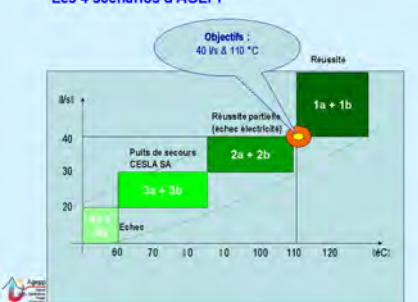
Garantie de risque: expérience AGEPP



1. Les projets de St. Gall et de Lavey (AGEPP) ont déposé leurs demandes à quelques mois d'intervalle.
2. AGEPP a obtenu la garantie après un marathon d'environ 18 mois et St. Gallen après une procédure de 2 ans.
3. La procédure fut nouvelle pour toutes les parties prenantes (OFEN, experts, swissrid, équipes projet et investisseurs).
4. La procédure AGEPP a permis de peaufiner et adapter la méthode d'évaluation (documentation, calcul de la garantie selon cas de figure du modèle d'affaire, interaction entre spécialistes, etc.). Une partie de la durée va donc sur le compte de la «learning curve».
5. De nombreuses itérations furent nécessaires. Elles furent dues à l'inexpérience des protagonistes dans différents domaines (techniques de forage, mode de calcul du plan d'affaires).
6. Le mode d'élaboration du plan d'affaire retenu est relativement complexe, mais logique, justifié et justifiable.



Les 4 scénarios d'AGEPP



Δ



Berechnungsmodell: GÖPP-801-V001.0-000-VAN04145 (21.10.14)

Extraktions-Parameter

Projet AGEPP

Données des variables par scénarios

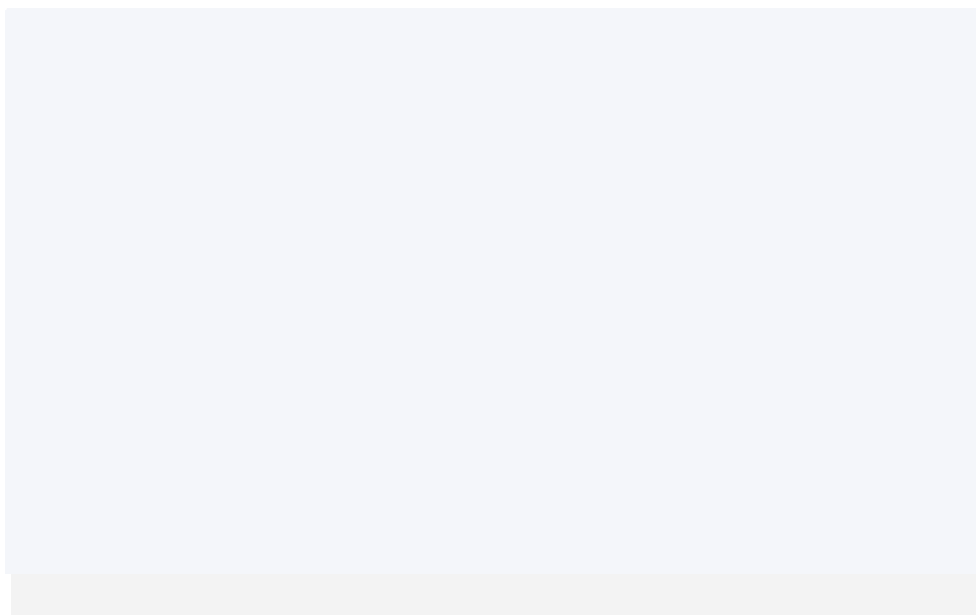
Avec montant de la garantie du risque géothermique déterminé en fonction d'atteindre une VAN=0 avec un taux de rendement de 4,14%

Variables	Schenario 11
Quantités produites et vendues (MWh/h)	2,381,994
Commune de Lavey	7398000
Amstutz	430000
Calabris SA (St-Maurice)	7140000
Bains Thermaux	8000000
Evolution des prix de vente (CHF /MWh)	0,400
Electris	0,000
Commune de Lavey	0,000
Amstutz	0,000
Calabris SA (St-Maurice)	0,000
Bains Thermaux	0,000
Consommation en kWh	2,128,958
Energie électrique pompes forage	180795
Energie électrique CAD et bâtiment	600000
Contracting énergétique	738466
Energie d'appoint	0,000
Coûts unitaires (CHF /MWh)	0,380
Energie électrique pompes forage	0,380
Energie électrique CAD	0,380
Contracting énergétique	0,380
Bois	0,104
Construction mini (000 CHF)	130
Frais de maintenance & entretien	100
Forage	30
Pompes forage	10
Réseau CAD	2
Sous-stations	4
Surveillance et dépense	35
Installation d'appoint	40
Coûts d'investissement (000 CHF)	17385
Plateforme	0
Interventions forage	0
Pompage	706
Pompe de réserve	186
Turbine ORC (p.c. Non-résumé)	2400
Stations	800
Installations électriques	340
Tableau électrique et MCR	1200
Chauffage appoint	450
Réseau CAD primaire	7385
Sous-stations	400
Raccordement électrique	217
Non-résumé intervention chât	720
Châssis & Impression intervention chât	400
Subvention fédérale OFEN	2250
Subvention cantonale Valais	6726
Garantie du risque géothermique, Contingent	200
Contributions au raccordement	0
Isolation en capital	17385
Taux de financement moyen	4,00%
Créditlines moyen 2018 en % capital	2,00%
Taux usuel sur EBT	21,00%
Garantie du risque géothermique déterminé sur base VAN=0 @ 4,14%	0
Montant maximum couverture de risque (20% forage)	8000
Montant effectif garanti du risque géothermique	0



Expérience avec la procédure de couverture de risque fédérale

GÉOTHERMIE.CH



energie schweiz

Propositions d'amélioration

GÉOTHERMIE.CH



1. Délais clairs pour le traitement des requêtes comportant un maximum de 6 mois dès réception sur la base d'une liste de critères consistants
2. Répartition des rôles claire entre swissgid et OFEN
3. Contrat d'objectifs clair entre OFEN (ou swissgrid) et le comité d'experts
4. Publication des critères d'évaluation standardisés y compris explicatifs et exemples claires pour chaque thématique (par exemple: design de forage, modèle de réservoir, plan d'affaire)
5. Priorités clairement définies en amont afin de discriminer plusieurs requêtes simultanées sur des bases de valorisation énergétique raisonnable, de technologies prévues, de site, etc.)
6. Constance dans le temps des critères de décision afin d'assurer la sécurité d'investissement
7. Acceptation de la possibilité pour les promoteurs de projets de combiner la couverture de risque fédérale avec d'autres mesures institutionnelles (RPC, bonus EGS, subsides) et privées (couverture de risque complémentaire)
8. Niveau de couverture de risque de manière standard à 50% et 60% dès acceptation de la révision de la loi sur l'énergie
9. Prise en compte des coûts d'exploration en amont du forage dans le calcul de la garantie de risque fédérale.

energie schweiz

Stratégie énergétique 2050: 😊 et 😞 😞 **GÉOTHERMIE.CH**

- 😊 Les conditions-cadre pour la géothermie profonde s'améliorent dans les grandes lignes.
- 😞 Au niveau de la loi, il y a peu d'éléments tangibles. Ceux-ci seront fixés dans les ordonances d'application.
- 😞 Les éléments concrets se trouvent dans les explications légales des articles de loi proposés et ne comportent pas d'engagements fermes.
- 😞 L'investigation du territoire suisse telle que demandée par le plan d'action de la branche n'est pas mentionnée du tout.

Afin de susciter les investissements dans cette filière au potentiel important des mesures incitatives plus fortes sont nécessaires



Nos revendications principales

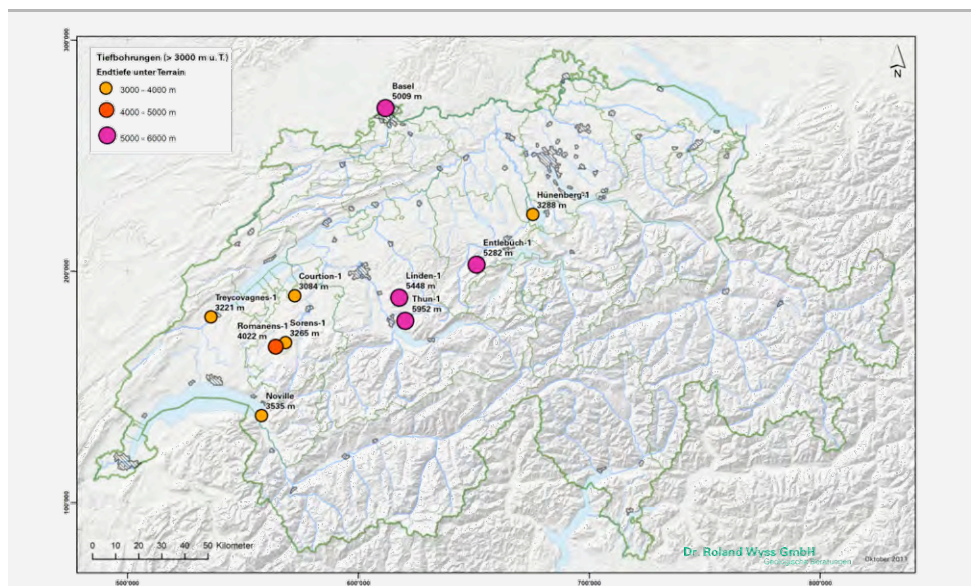
GÉOTHERMIE.CH 

- > La garantie de risque étendue devra atteindre *en principe* 60% et non pas *au maximum* 60%.
- > La durée de la RPC doit impérativement atteindre 20 ans.
- > Pour le calcul futur des niveaux RPC, il convient de prendre en compte les niveaux de coût des projets suisses (et non pas des éléments de référence à l'étranger, structurellement moins chers)



Forages de > 3'000 m de profondeur en Suisse

GÉOTHERMIE.CH



energie.schweiz

Nos revendication additionnelles

GÉOTHERMIE.CH



- > Exploration du sous-sol profond de la Suisse: La branche est prête à s'y atteler avec ses moyens logistiques et financiers pour autant que Confédération et cantons édictent des mesures incitatives, de co-financement public-privé ainsi que de sécurisation des investissements consentis
- > Standards: Afin de permettre une exploration accélérée du sous-sol et la mise sur pied de projets concrets, il est indispensable que la Confédération propose aux cantons des standards harmonisés d'ici à mi-2013 en matière de permis d'exploration, concessions et de durée des procédures.
- > L'accompagnement scientifique et technique de la géothermie profonde est indispensable. Les moyens pour le développement d'installations pilote et de démonstration doivent ainsi être massivement augmentés et ancrés dans la législation.

energie.schweiz

Rappel: Plan d'actions de 2011



- > **Exploration (Phase 1, 2013–2018):** Exploration de 10 sites représentatifs pour installations de géothermie profonde comprenant une analyse détaillée de sites (par exemple par sismique réflexion), de 15 forages exploratoires y compris utilisation de méthodes d'investigation innovantes. Coût prévu: 500 MCHF.
- > **Construction de centrales géothermiques (Phase 2, 2016–2020):** 5 installations représentatives avec une puissance électrique d'au moins 5 MW (→ 200 GWh/an de production électrique). Coût prévu: 200 MCHF.
- > **Upscaling et extension (Phases 3 et 4, 2020 à 2035/50):** Construction de grandes centrales. Exploration et construction dans des régions nouvelles.



Potentiel et coûts: Estimations de l'OFEN



- > **Jusqu'à 2035:** 1100 GWh/an (= env. 135 MW)
 - 27 installations à 5 MW → 3 BCHF (installations hydrothermales au niveau de coût actuel)
- > **Jusqu'à 2050:** 4400 GWh/an (= 550 MW)
 - 110 installations à 5 MW → 15.4 BCHF (EGS, niveau de coût actuel)
 - 55 installations à 10 MW → 3.85 BCHF (EGS, coûts optimisés)



Activités des autorités cantonales en 2012

- > AG: nouvelle loi sur l'utilisation du sous-sol
- > TG: Concept géothermie
- > SO: Concept géothermie profonde en cours d'élaboration
- > LU: Rapport du potentiel géothermique, projet de loi basé sur celui de AG
- > SZ: Etude du potentiel
- > ZH: Etude du potentiel, planification stratégique en cours
- > ZG: Concept préliminaire en cours
- > FR: Etude du potentiel
- > VD: Etude du potentiel, travaux d'exploration
- > GE: Concept d'exploration en cours, projet de révision de loi sur la base AG et LU
- > SG: Projet de géothermie de la ville commence en février 2013

Rahmenbedingungen Kantone

- > Gesetzliche Rahmenbedingungen: Sicherheit für Projektanden
- > Wegleitungen Verfahren: Einfache Verfahren
- > Verfügbare Daten: Verbesserung Grundlagen, Zugänglichkeit
- > Erkundung: Finanzielle Förderung
- > Risikodeckung für Wärmeprojekte
- > Geothermische Stromproduktion: Verbesserung Risikodeckung
- > Angewandte Forschung: Verbesserung Grundlagen
- > Verbesserung der Kenntnisse von Abnehmerpotenzialen
- > Kantonale Fachstellen: Kompetenzen schaffen
- > Datenbewirtschaftung: In Zusammenarbeit mit Swisstopo
- > Kommunikation: Akzeptanz verbessern

Nos revendications en deux phrases



- > Renforcement des conditions-cadre de la géothermie profonde via la stratégie énergétique 2050 de la Confédération
- > Amélioration des connaissances géologiques et hydrogéologiques du sous-sol profond via des mesures incitatives et une amélioration + harmonisation des conditions-cadre au niveau cantonal

Géothermie profonde: Rétrospective et statut actuel

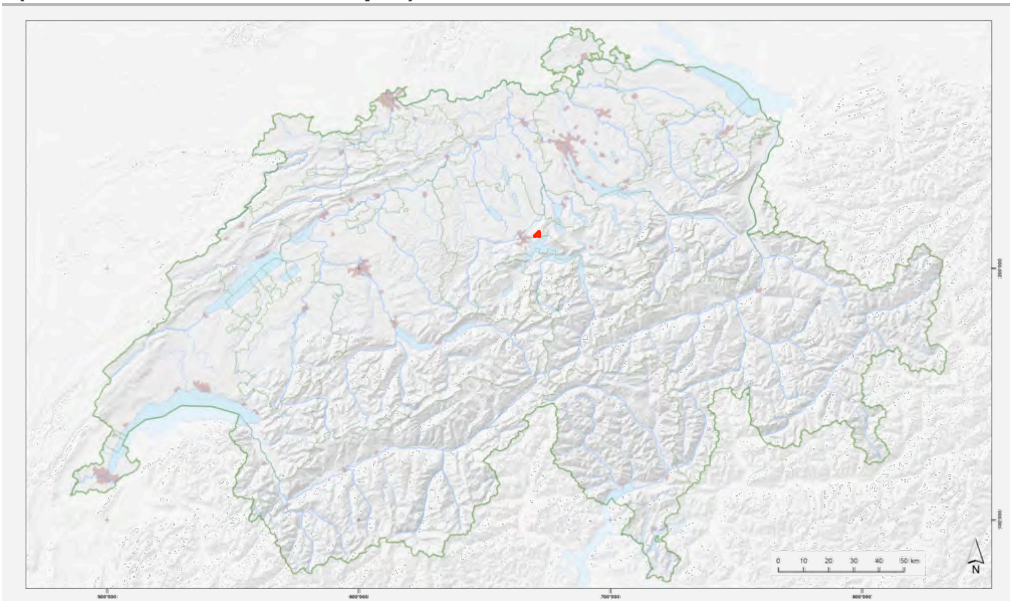
GÉOTHERMIE.CH

Schweizerische Vereinigung für Geothermie (SVG)
Société Suisse pour la Géothermie (SSG)
8500 Frauenfeld

Dr. Roland Wyss
Secrétaire général
Géologue CHGEOLcert/SIA

Journée romande de la géothermie 2012
Yverdon-les-Bains, 27 novembre 2012

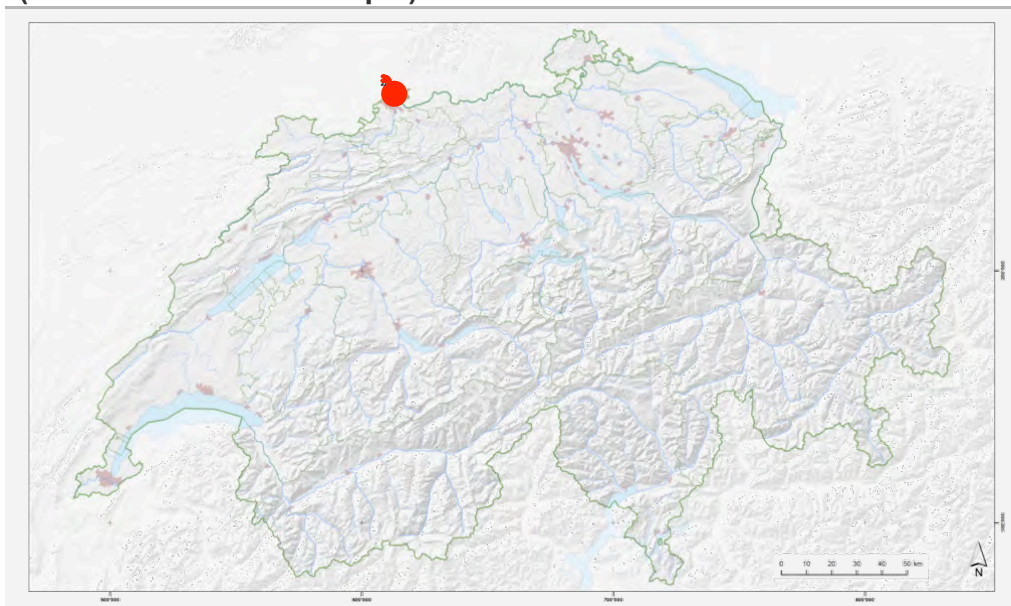
Forages géothermiques profonds en Suisse 1983/1993 (sans couverture de risque)



GÉOTHERMIE.CH



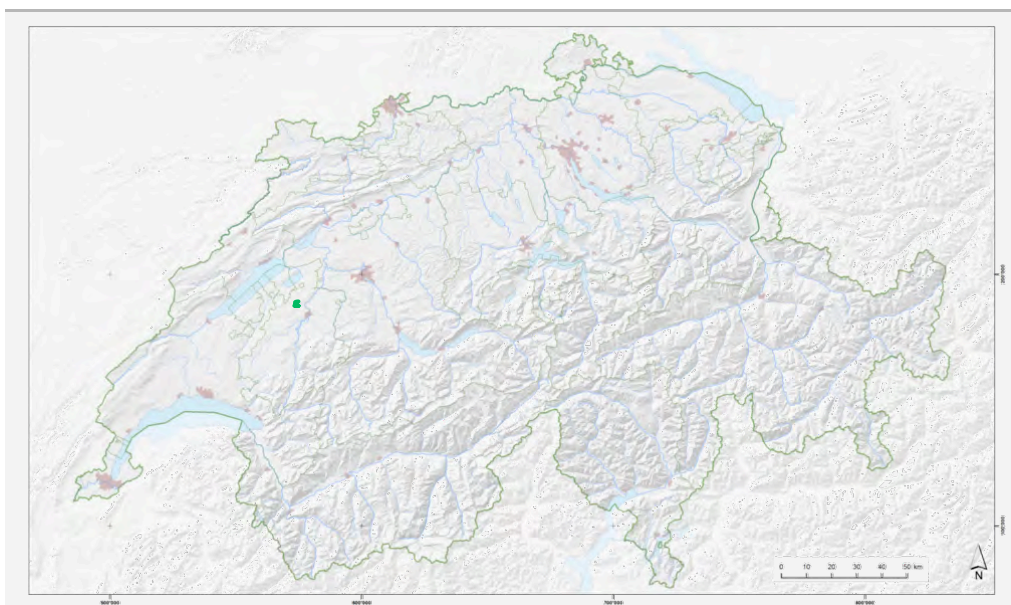
Forages géothermiques profonds en Suisse 1987–1998 (avec couverture de risque)

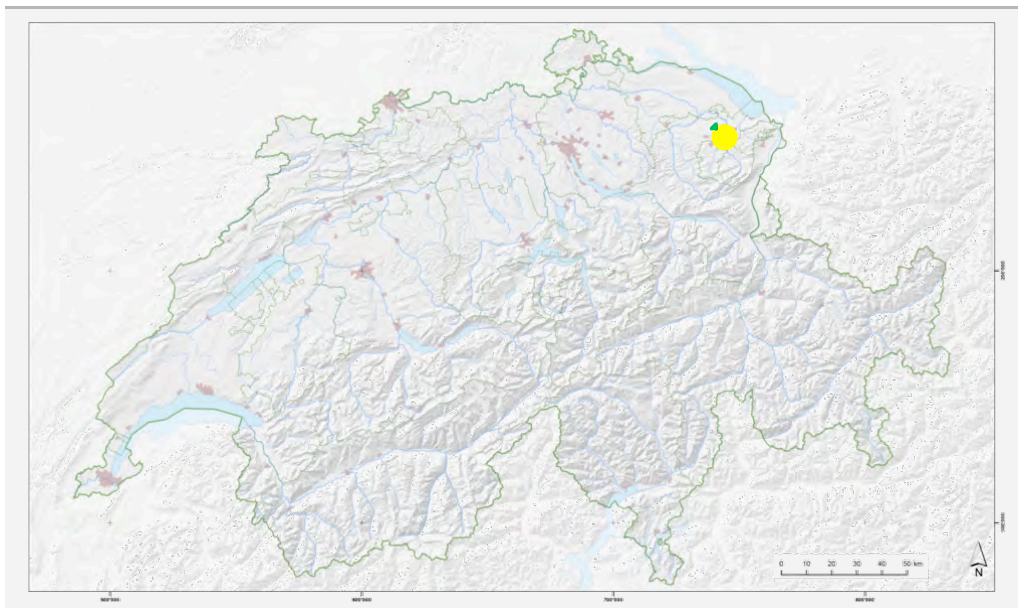
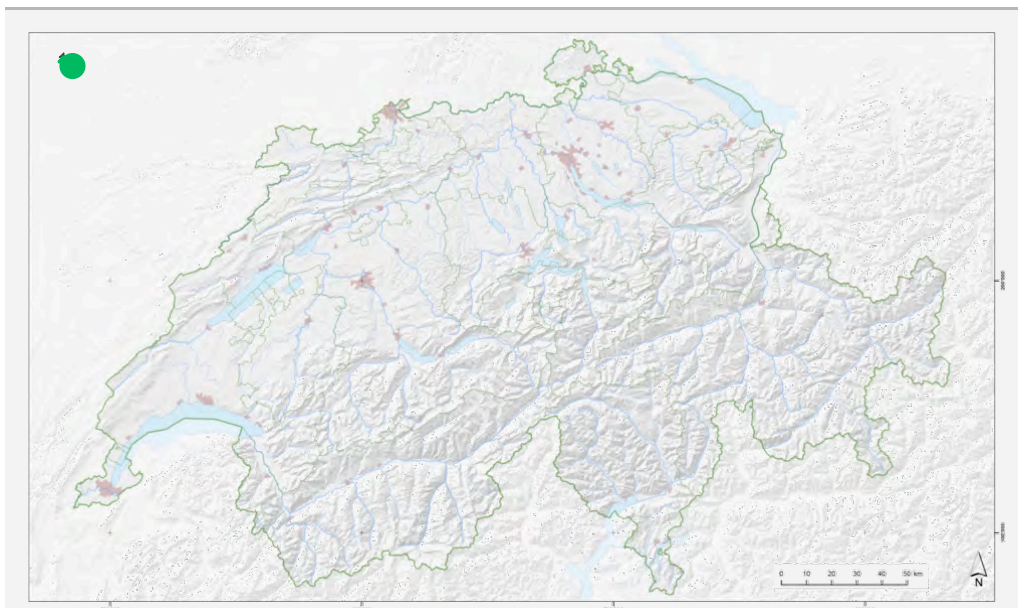


GÉOTHERMIE.CH

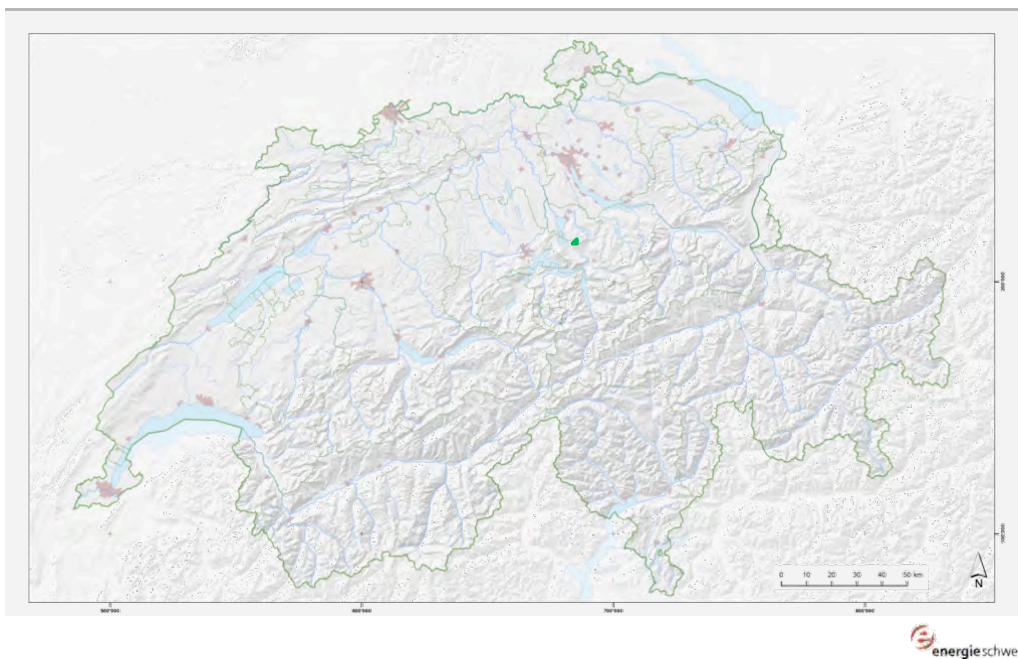


Forage d'exploration et études (1998–2005)

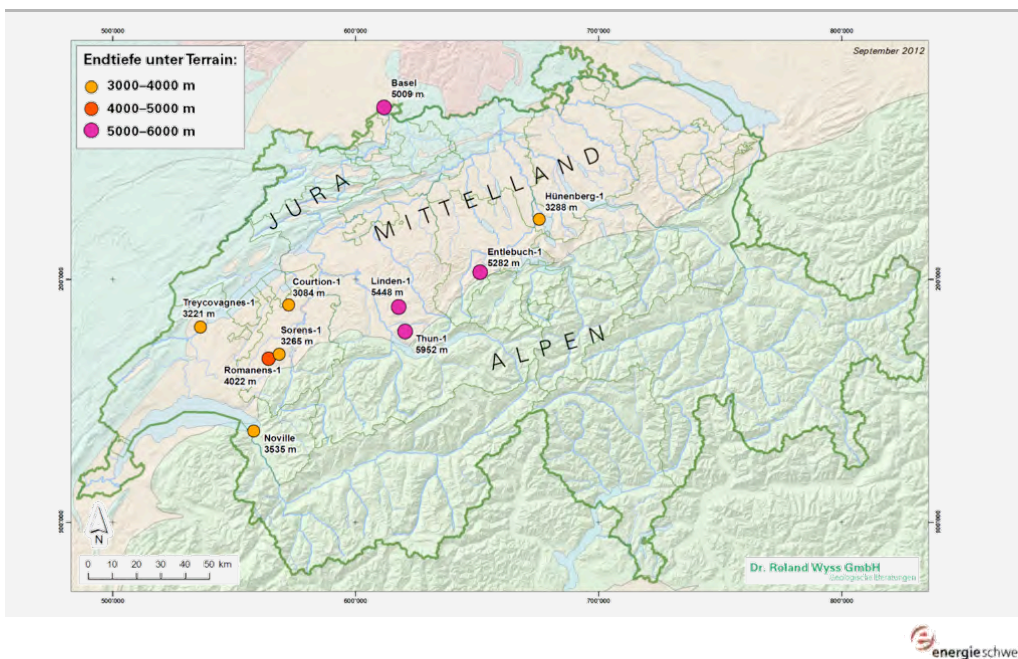


Travaux 2005–2010**Travaux dès 2010**

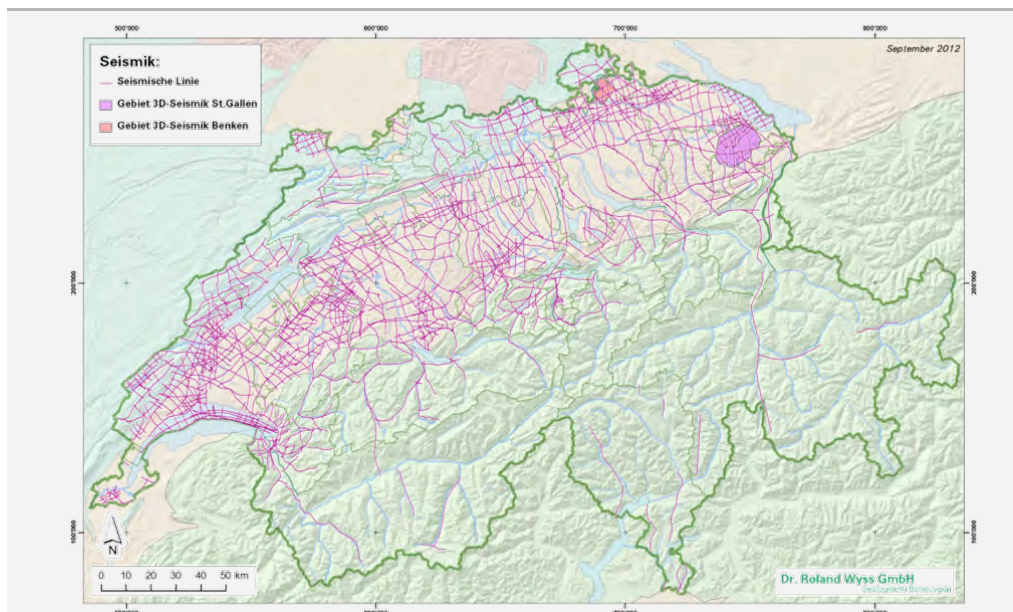
Etudes et projets en géothermie (au total)



Forages en Suisse (>3000 m)



Lignes sismiques en Suisse



Plan d'action pour la géothermie profonde

- Besoin: Connaissance améliorée du soubassement géologique et de la technologie.
- But: Evaluation des apports à l'horizon 2020 et preuve de la faisabilité de cette technologie.

Pourquoi un plan d'action?

- > Les avantages dépassent largement les risques!
- > Aucune meilleure alternative dans le domaine des énergies renouvelables!
- > Fonds de soutien au démarrage important, porté par la Confédération, permet une poussée de développement courte et intense.
- > L'évaluation rapide de l'option «géothermie profonde» permet de prendre des décisions appropriées dans le cadre de l'avenir énergétique.

Plan d'action

- > **Exploration (etape 1, 2013–2018):** examination de 10 sites favorables à l'utilisation de la géothermie profonde. Investigations détaillées (p. ex. campagnes sismiques), 15 forages d'exploration et des projets de pilote. 500 millions de CHF.
- > **Centrales pilote (etape 2, 2016–2020):** 5 centrales pilote avec une puissance électrique d'au moins 5 MW (→ 200 GWh d'électricité/an). 200 millions de CHF.
- > **Centrales géothermiques/exploration étendues (etapes 3 et 4, 2020–2035/50):** Centrales géothermiques de grande puissance. Exploration/installations étendues à d'autres sites.



Stratégie énergétique 2050 – Mesures

- > Couverture des risques d'exploration pour production d'électricité
- > Rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC)
- > Contributions financières à la production d'électricité
- > Projets de recherche et de développement
- > Système d'information géothermique (swisstopo)
- > Recherche d'énergie coordonnée
- > Projets pilote et de démonstration (recherche appliquée) et projets phare
- > Règlement et normes homogènes
- > Procédures d'autorisation homogènes et plus rapides
- > Définition der région où les installation des ER ont la priorité
- > Offensive de communication et renforcement de GEOTHERMIE.CH

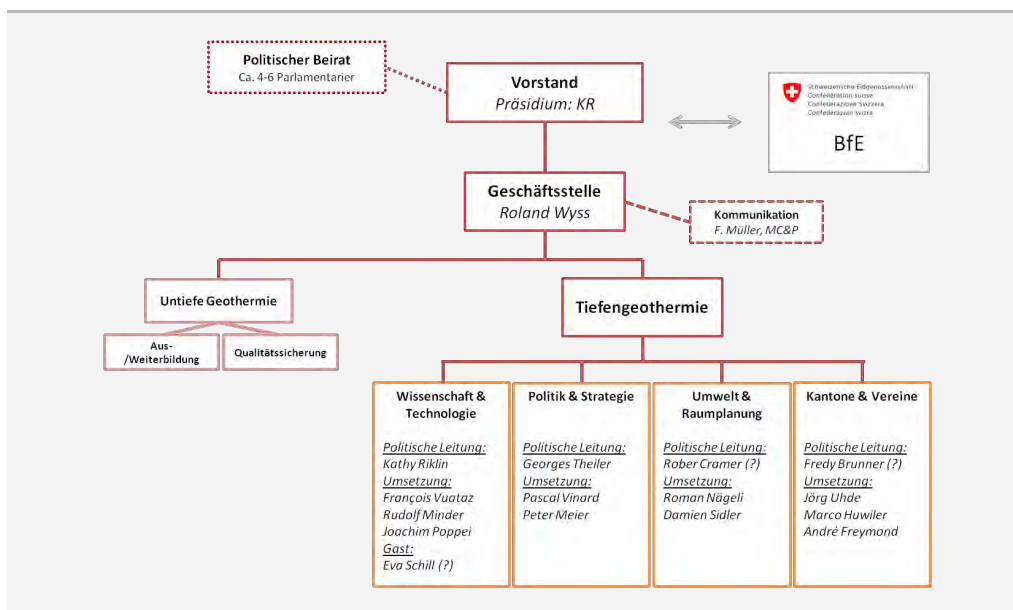
Objectifs de GEOTHERMIE.CH

- > **Positionner** la géothermie profonde maintenant
- > **Supporter** les milieux intéressés (projeteurs, entreprises, organisations, etc.)
- > **Participation active** à la «Stratégie énergétique 2050 de la Confédération» pour améliorer les conditions-cadre relatives aux **projets en géothermie profonde**
- > **Prise d'influence** dans la population, les média et dans le monde politique, économique, scientifique etc.

Positionnement clair

- > Positionnement clair en tant **que fédération professionnelle et organisation de la branche**
- > Collaboration intense et active avec les **organisations cantonales et régionales** et intégration des organisations partenaires intéressées
- > **Professionnalisation** de l'organisation
- > **Structures flexibles** de l'organisation

Développement d'une stratégie / réorganisation SSG



Procédé

- > **Réponse rapide à la consultation**
 - > **OFEN**
 - > **30–40 Stakeholder**, pour la formation d'opinion et l'accueil de demandes
- > **Horaire** est disponible
- > **Conférence de presse** en préparation
- > Collaboration **concrète** avec la branche est préparée
- > **Accord de coopération** (disponible en ébauche)
- > Des **moyens financiers supplémentaires** sont nécessaires
- > Une action rapide et immédiate est nécessaire

Saisir l'occasion...

- > Il faut que la branche parle d'une voix commune!

