

Programme d'intervention - Puits Ittigen-01

Maître d'ouvrage: Nom

12-03-2018

Ingénieur puits: Nom

Géologue: Nom

Chef de projet: Nom

Ce document est un exemple, qui est destiné à servir comme modèle de "Programme d'intervention" pour les projets et les opérations de forage/puits de géothermie profonde.

- Le but de ce document est d'informer les Canton Suisses dans leur travail d'autorisation, sur ce qui pourrait être présenté par un maître d'ouvrage/d'œuvre comme programme d'intervention de puits dans un projet de géothermie profonde (réparations de tête de puits, diaggraphie, stimulation, suspension du puits...). Durant les opérations d'intervention, ce document peut servir de support pour la surveillance des activités.
- Le niveau de détails présenté dans un tel document doit être ajusté en fonction des dangers et des risques associés à l'intervention de puits.
- Le contenu de ce document est fictif et doit être remplacé avec des informations réelles.

Table des matières

Abréviations / Terminologie	3
1. Résumé	4
1.1. Informations clés	4
1.2. Champ d'application des travaux	5
1.3. Critères de design - Normes	5
2. Etat du puits	6
2.1. Statut et objectif	6
2.2. Dégradation	6
2.3. Eau du sous-sol (eau potable et eau exploitable)	7
2.4. Hydrocarbure, H ₂ S et CO ₂	7
3. Opérations d'intervention	8
3.1. Statut final du puits	8
3.2. Unité d'intervention	8
3.3. Design de l'intervention	9
3.3.1. Spécification des équipements de « wireline »	9
3.3.2. Limitation d'accès / météo (s'il y a lieu)	9
3.3.3. BOP: Bloc d'obturation du puits (s'il y a lieu)	9
3.3.4. Information de tête de puits	10
3.3.5. Test de pression:	10
3.3.6. Durée des opérations	10
3.4. Détails des opérations	11
3.4.1. Diagraphie du réservoir	11
3.4.2. Acidification du réservoir (option)	12
4. Gestions des risques et des dangers	13
4.1. Objectifs clefs	13
4.2. Analyse de risques	13
4.3. Déviations	13
4.4. Barrière de puits	13
5. Organisation	14

Abréviations / Terminologie

MD = measured depth = profondeur mesurée

TVD = True vertical depth = profondeur verticale réelle

RKB = rotary kelly bushing = en référence à la fourrure de transmission

GL = ground level = en référence au niveau du sol

TD = total depth = profondeur finale

BOP = Blow out preventer = bloc d'obturation du puits

s.g. = standard gravity = gravité standard (pour un fluide: ratio entre la densité du fluide et la densité de l'eau)

Logging = mesure de paramètres du souterrain (aussi appelé diagraphie)

Wireline = câble de descente d'équipement dans le puits

Liner = tubage ancré dans le tubage supérieur (et non pas jusqu'à la tête de puits)

Liner hanger = Equipement permettant l'ancrage du liner

Packer = Equipement fait d'élastomère permettant d'assurer l'isolation entre deux tubages

Kick = venue de fluide dans le puits (eau, gaz...)

Mudlogging = mesure des paramètres de boue. Plus généralement de l'ensemble des paramètres associés au forage

1. Résumé

1.1. Informations clés

Nom du puits: *Ittigen-01*

Profil du puits: *vertical / dévié / horizontal...*

Profil de risque du puits: *moyen*

Canton: *Bern*

Commune: *Ittigen*

Numéro de concession: *4738901872-MN-GEO-2017*

Maître d'ouvrage: *Géothermie Ittigen AG*

Altitude du site de forage: *432 m au dessus du niveau de la mer*

Distance Sol - RKB / élévation: *9m*

Coordonnée de la tête de puits:

- Coordonnées géographiques:

- Latitude: *42 degrés 12' 02" N (+ référence, ex WGS84)*
- Longitude: *7 degrés 01' 31" E*

- Coordonnées UTM:

- Nord: *5 118 227 m (Zone/Secteur: 32T)*
- Est: *347 647 m*

Adresse: *Geothermiestrasse 34, Ittigen, 3063, Canton de Bern.*

Réservoir et profondeur: *Massif de Ittigen à 2.630 m TVD RKB*

Pression de design du puits: *250 bars*

Température de design du puits: *150 degrés*

Durée prévue de l'intervention: *12 jours*

Objectif de l'intervention : *Diagraphie de production avec option de stimulation à l'acide.*

1.2.Champ d'application des travaux

L'intervention sur le puits Ittigen-01 sera la 7^{ème} intervention de l'installation géothermique Ittigen-A.

Ce document présente les activités d'intervention du puits Ittigen-01:

- Activités de diagraphies*
- Option de stimulation avec acide*

Dans le cas où les conditions du puits seraient différentes des prévisions et que celles-ci engendreraient des opérations et des risques différents de ceux présentés dans ce document, un processus de gestion du changement sera initié et ces changements seront communiqués aux autorités compétentes (commune, canton, confédération).

1.3.Critères de design - Normes

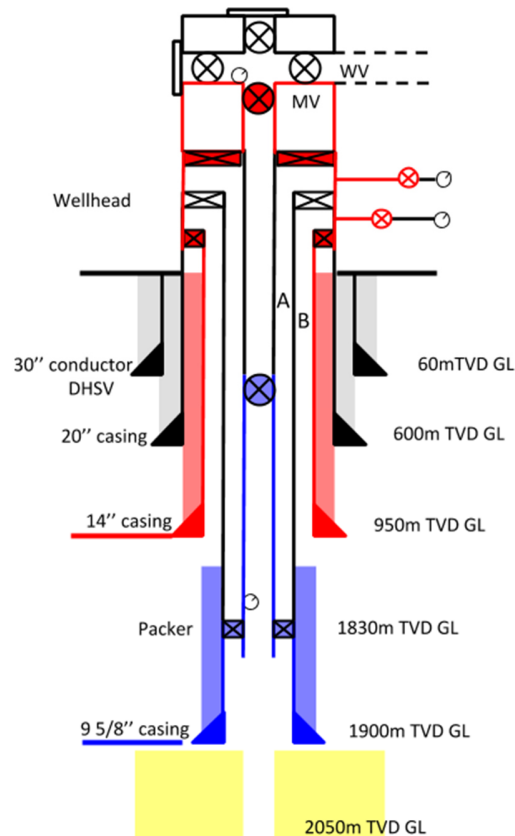
La préparation des activités de forage du puits est réalisée selon la norme NORSOK D-010 et la norme WEG-Bohrungsintegrität.

Toute déviation de ces normes est spécifiée au sein de ce document.

2. Etat du puits

2.1.Statut et objectif

L'état du puits est présenté par le schéma ci-dessous. Référence est faite au document « d'informations clés de puits »



Les objectifs de l'intervention sont de:

- *Réaliser une diagraphie de production (débitmètre) des différentes zones du réservoir pour améliorer la compréhension de la répartition des écoulements.*
- *Option : si évalué nécessaire, réaliser une stimulation avec acide du réservoir*

Commentaire: Les objectifs sont clés dans cette phase de planification. Car toutes les opérations détaillées qui suivront seront faites pour atteindre ces objectifs. De la même façon, en cas de changement opérationnel durant les opérations, tous les ajustements seront faits pour pouvoir atteindre ces mêmes objectifs.

2.2.Dégradation

Les dégradations suivantes ont été identifiées sur le puits Ittigen-01 :

- Corrosion de la colonne de production
 - Evaluée à 8% de l'épaisseur de la colonne
- Pression anormale dans l'annulaire B
 - Une élévation lente de la pression (4 bars par semaine) a été détectée depuis Juin 2018. Le phénomène est constant et stable.

2.3. Eau du sous-sol (eau potable et eau exploitable)

Commentaire: l'objectif de ce paragraphe est de démontrer que les considérations et les précautions nécessaires ont été appliquées pour la protection des eaux du sous-sol; et que les dangers et les risques ont été identifiés.

Il n'est pas prévu que cette intervention impacte ou interagisse avec les aquifères d'eaux potable et exploitable. Cependant, ce paragraphe présente tout de même les précautions existantes.

Le puits traverse les eaux potables et exploitables suivantes:

- L'aquifère de Bern à la profondeur de...
- L'Aquifère de Ittigen à la profondeur de...

Ceux-ci sont protégés par les mesures suivantes:

- La collecte de tous les fluides présents sur la plateforme de béton au site de forage.
- Le stockage de tous les produits chimiques dangereux dans une zone spécifique avec enceinte de confinement.
- L'isolation faite, durant le forage, de ces aquifères par une cimentation complète des tubages. Cette cimentation a été confirmée par une diagraphie de CBL azimutale (ciment bond log) et des tests en pression.

Les seuls fluides qui seront déversés dans l'environnement sont:

- Les eaux de pluie

Tout autre fluide déversé dans l'environnement sera considéré comme un accident.

La gestion de ces accidents sera faite en conformité avec la "stratégie de gestion des risques" de Géothermie Ittigen AG.

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- Les références aux secteurs Au, Zu, Ao, Zo (OEaux 814.201).

2.4. Hydrocarbure, H₂S et CO₂

Le puits n'est pas exposé à des hydrocarbures, ni du H₂S ni du CO₂.

3. Opérations d'intervention

3.1.Statut final du puits

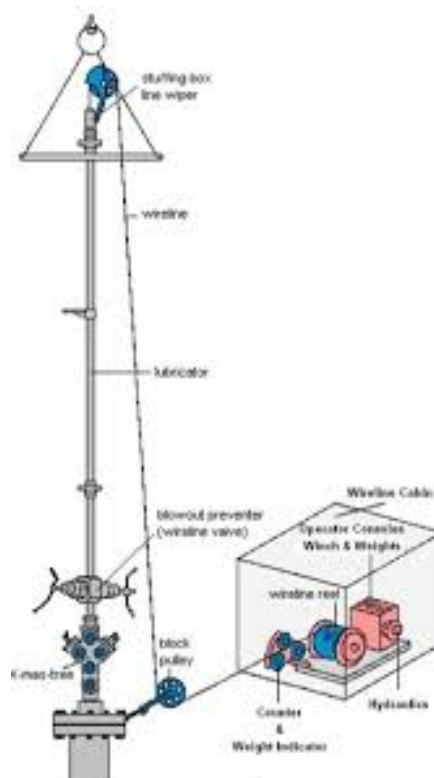
L'état final du puits sera la même que l'état initial, puisque cette intervention ne vise pas à modifier le puits (diagraphie et acidification du réservoir).

3.2.Unité d'intervention

Les critères minimaux de l'unité de d'intervention ont été identifiés:

- Câble de type électrique - hepta
- Longueur du câble : 3,5 km
- Longueur maximal de l'assemblage : 6 m
- Capacité de pompage: 5000l /min
- Pression de fonctionnement du BOP (bloc d'obturation du puits): 200 bars
- Alimentation en énergie: Moteur diesel avec back-up
- Etc...

Le schéma suivant présent l'Installation en tête de puits :



source : haltin.eu

3.3.Design de l'intervention

Diagraphie dans le réservoir

La diagraphie du réservoir consiste à mesurer le débit sur toute la longueur de production du réservoir, pour pouvoir identifier les contributions de chaque intervalle.

Cette diagraphie est prévue en 3112m et 2744m TVD RKB.

Acidification du réservoir

Suivant cette diagraphie, une injection d'acide dans la roche proche du puits est prévue pour permettre une dissolution des éléments à base de calcite. Ceci permettra de diminuer les pertes en charge d'écoulement proche du puits et d'en augmenter la productivité.

L'acide sera pompé jusqu'au réservoir, où il sera placé à faible pression dans les pores de l'aquifère. À la fin de l'opération, l'acide restant qui n'aurait pas réagi sera produit jusqu'en surface pour s'assurer qu'aucune contamination ne pourrait avoir lieu.

3.3.1.Spécification des équipements de « wireline »

Dans cette section, une description des équipements qui seront descendus dans le puits peut être présentée.

Les efforts appliqués sur le câble de « wireline » dans chaque opération peuvent aussi être présentés.

3.3.2.Limitation d'accès / météo (s'il y a lieu)

Pour des raisons d'accès au site de forage en toute sécurité, et du aux aléas météorologique, il a été identifié qu'aucune opération ne sera effectuée entre le mois de décembre et de février. Ainsi, la date prévue de fin des opérations, plus un mois, ne doit pas excéder le 1er décembre.

3.3.3.BOP: Bloc d'obturation du puits (s'il y a lieu)

Pour les opérations, un BOP de « wireline » (Bloc d'obturation de puits) sera installé, due à la pression artésienne du réservoir aquifère.

Le BOP qui sera utilisé est un modèle xxxxx de fabricant xxxx, conçu pour opérer jusqu'à 345 bars (5.000 psi).

Un schéma du BOP est présenté ci dessous avec

- Type de connexion, Diamètre intérieur, Le type de bloc (BOP rams)
- etc...

3.3.4.Information de tête de puits

Référence est faite au document « d'information clé de puits » qui capture les information de tête de puits.

3.3.5.Test de pression:

Le **BOP** sera testé selon les instructions du fabricant. La fréquence des tests est résumée ci-dessous:

- BOP de wireline
 - Test de pression à l'installation / tous les 14 jours
 - Test à la pression de design du puits à l'installation
 - Test de fonctionnement tous les 7 jours
- Vannes de tête de puits / « Lubricator »
 - Test de pression à chaque descente/sortie dans le puits

Durant chaque test de 20min, une diminution de la pression de 2% est acceptable pour prendre en compte la compressibilité et l'air piégé dans les conduites. La pression doit aussi suivre une tendance asymptotique.

3.3.6.Durée des opérations

Ce paragraphe vise à démontrer l'évaluation de la durée des opérations effectuée, ses incertitudes et sa robustesse.

L'estimation de la durée de l'abandon est présentée dans le tableau ci-dessous.

Le temps a été estimé par l'équipe opérationnelle de Ittigen géothermie AG sur la base des interventions précédentes effectuées.

Puits Ittigen-01 - Estimation de la durée de l'abandon		(jours)	
	P10	P50	P90
TOTAL	9,6	12,8	18,9
Opérations			
Installation des équipements de diagraphie	1,74	2,32	2,91
Diagraphie du réservoir	1,53	2,45	3,63

Analyse des résultats	2,67	5,49	8,26
Préparation du pompage d'acide	7,62	12,89	18,04
Pompage de l'acide	7,58	10,27	13,37
Désinstallation des équipements de diagraphie	6,74	11,22	16,02

L'estimation de la durée des opérations a été faite utilisant une approche probabiliste pour pouvoir capturer un intervalle d'incertitude.

- *P10 signifie que 10% des cas sont sous cette durée (ceci ne signifie pas que cette durée a 10% de chance de se réaliser)*
- *P50 signifie que 50% des cas sont sous cette durée (ceci ne signifie pas que cette durée a 50% de chance de se réaliser)*
- *P90 signifie que 90% des cas sont sous cette durée (ceci ne signifie pas que cette durée a 90% de chance de se réaliser)*

Pour le budget alloué à l'intervention du puits, c'est une durée de P50 qui été retenue: 12,8 jours.

Les considérations suivantes pourront aussi être incluses:

- *L'utilisation d'un autre modèle de calcul d'incertitudes (autre que probabiliste Monte Carlo)*

3.4.Détails des opérations

Cette section vise à présenter les activités planifiées. Elle vise aussi à démontrer un plan robuste et mature des activités en sous-sol.

Cependant, cette section ne vise pas à présenter les activités annexes qui prendront place sur le site du puits (logistique, levage, gestion des équipements de surface, gestion des fluides...).

3.4.1.Diagraphie du réservoir

Objectif: *Obtenir des données de qualité / améliorer la compréhension du réservoir*

Séquence des opérations:

- *Installation des équipements de diagraphie.*

- Montage de la colonne de diagraphie et test de pression des équipements.
- Descente de la colonne de diagraphie.
- Démarrage du puits de production.
- Réalisation de la diagraphie.
- Arrêt du puits.
- Sortie de la colonne de diagraphie.

Risques:

- Colonne de diagraphie bloquée dans le puits
- Fuite d'équipement de surface

Fluide: Eau du puits

Commentaire: aucun pour cette section

3.4.2. Acidification du réservoir (option)

Objectif: Acidifier le réservoir pour dissoudre les obstructions dans la proximité du puits / améliorer la productivité du puits.

Séquence des opérations:

- Vérification de l'injectivité du puits. Augmentation de l'injectivité par palier de 500m³/jour jusqu'à 2000 m³ /jour.
- Pompage de 10m³ d'acide dans le puits
- Déplacement de l'acide dans le réservoir à 300l/min (78 m³ ; volume du puits), avec l'eau claire.
- Injection de l'acide dans le réservoir à faible pression: 5-10 bars pendant 2h (les paramètres seront ajusté durant l'opération)
- Pompage de 2 x 78m³ (2 x volume du puits) d'eau claire pour éliminer l'acide du puits.
- Attendre 24h avant de recommencer la production du puits

Risques:

- Placement de l'acide incorrect. Corrosion de la colonne de production

Fluide : eau claire

Commentaire: aucun pour cette section

4. Gestions des risques et des dangers

4.1.Objectifs clefs

Les objectifs clefs de la stratégie de gestion des risques et des dangers sont:

- *Une exécution des opérations sans décharges de fluide dans l'environnement*
- *Une construction de barrières robustes pour l'isolation permanente et future du puits*

Référence est faite à la stratégie de gestion des risques de Ittigen Géothermie AG, pour la mise en place de cette stratégie.

4.2.Analyse de risques

Référence est faite à l'analyse de risque du puits Ittigen-01, qui capture les dangers identifiés durant les opérations de puits, leur impacts et leur mesures d'atténuations des risques.

Cette analyse de risque sera utilisée dans cette phase d'intervention du puits. Toutes les leçons tirées du forage, de l'exploitation et d'intervention sur le puits seront intégrées dans cette analyse.

Les risques les plus important identifiés pour les opérations de ce puits sont:

- *Dégradation du puits à cause d'un placement erroné de l'acide*
- *Perte ou blocage d'équipements de diagrapie dans le puits.*

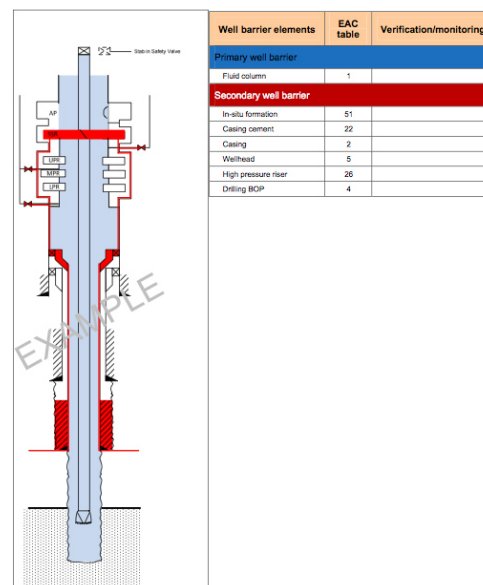
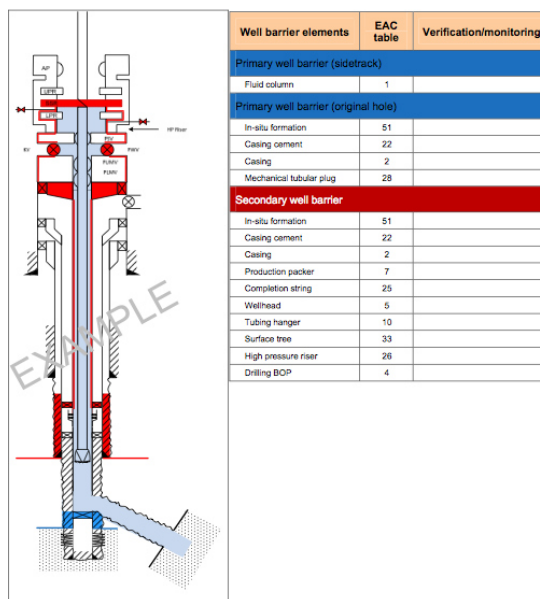
4.3.Déviations

Plusieurs normes et standards internationaux ont été suivis pour la préparation de ce programme de forage. Aucune déviation de ces normes n'a été identifiée durant cette phase de planification.

4.4.Barrière de puits

Les barrières de puits, représentée selon la norme NORSOK D-010, sont présenté ci dessous pour les phases de:

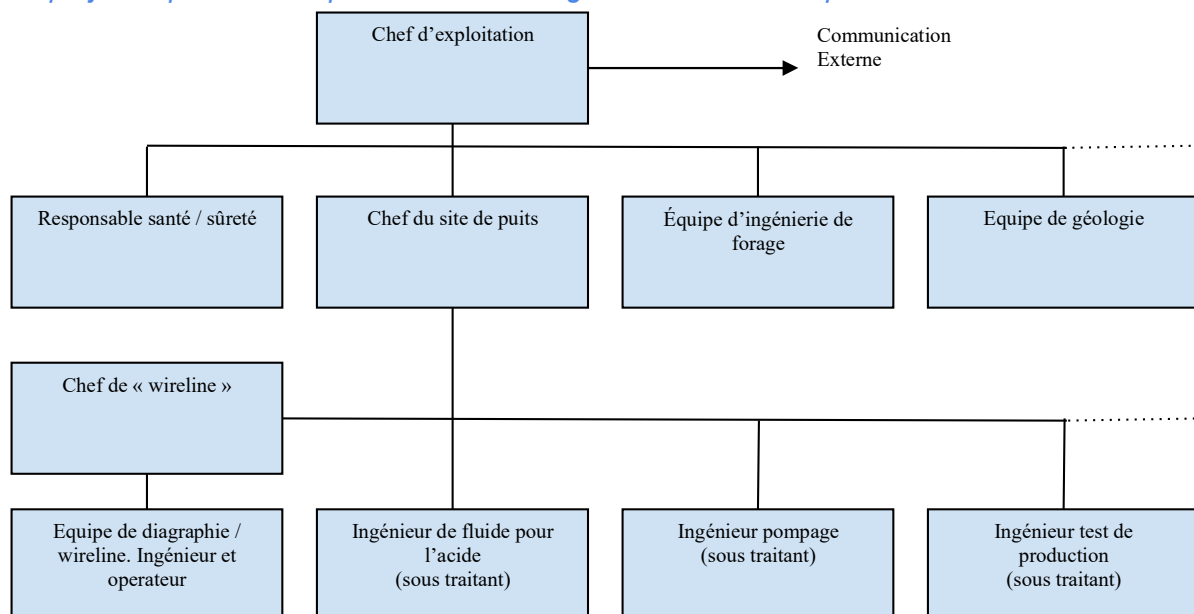
- *Diagraphie*
- *Acidification*
- *...*



Source: NORSOK D-010 rev.3

5. Organisation

Le projet de puits et les opérations seront organisés avec les responsabilités suivantes:



Ci-dessous, est présentée la liste du personnel pour les opérations:

<i>Rôle</i>	<i>Nom</i>	<i>Entreprise</i>	<i>email</i>	<i>Téléphone</i>
<i>Chef d'opération</i>	xxxxxxx	<i>Ittigen geothermal AG</i>	xxxxxx@xxxxxx.ch	+41 xxx x x xxxx
<i>Chef du site de forage</i>	xxxxxxx	<i>Ittigen geothermal AG</i>	xxxxxx@xxxxxx.ch	+41 xxx x x xxxx
<i>Chef équipe diagraphie</i>	xxxxxxx	<i>IttigenDrill AS</i>	xxxxx@xxxxxx.com	+41 xxx x x xxxx
<i>Ingénieur fluide</i>	xxxxxxx	<i>FluidIttigen AG</i>	xxxxxx@xxxxxx.com	+41 xxx x x xxxx
...				

Commentaire: En cas de diffusion publique de ce document, la liste des contacts sera retirée pour éviter toute interférence avec la sûreté des opérations.