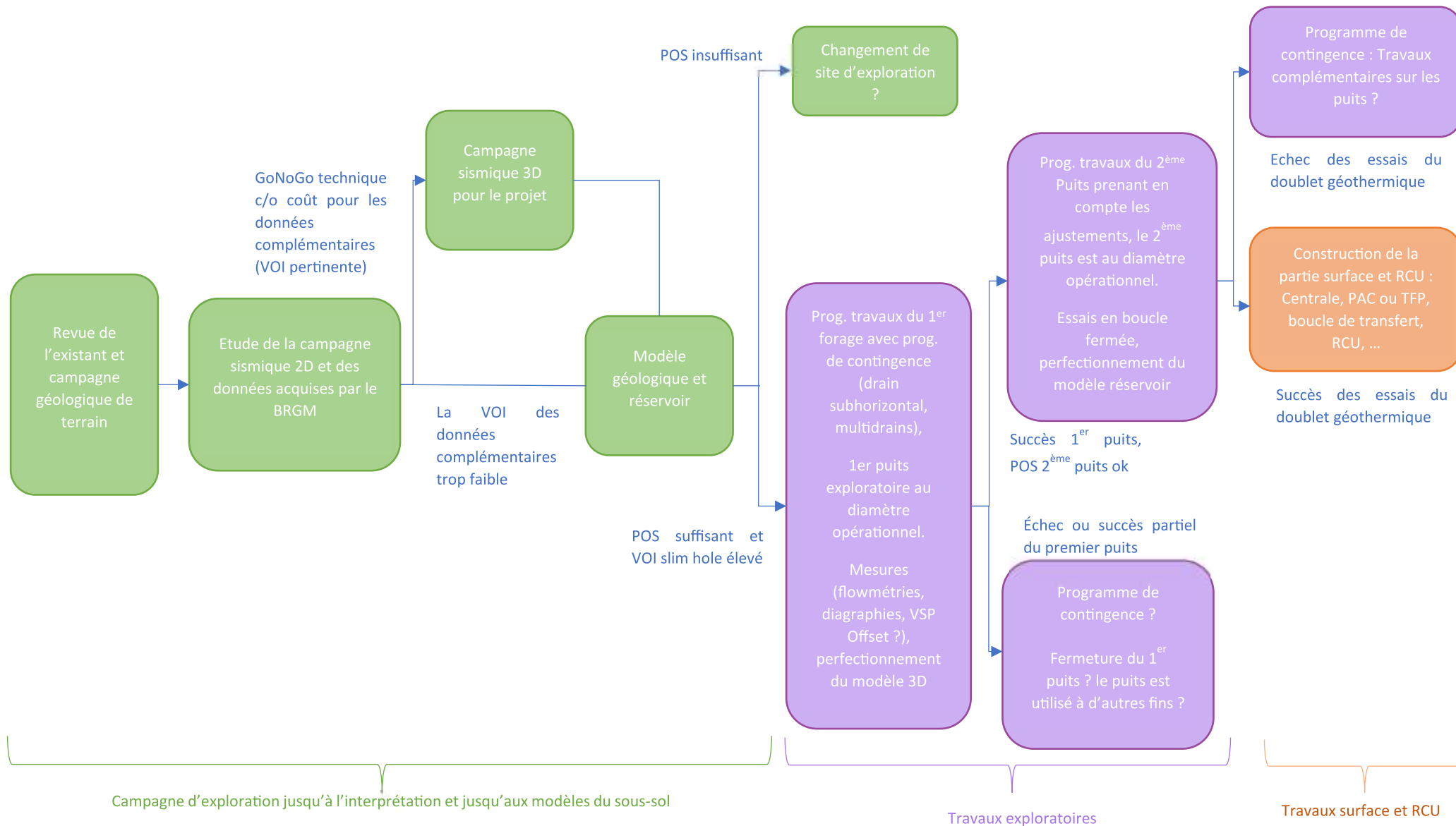


3 PROGRAMME DES ETUDES, DES TRAVAUX ET D'ENGAGEMENT FINANCIER MINIMUM

Pour débiter une exploitation géothermique, il faut être en mesure de quantifier l'énergie thermique récupérable de façon précise et cela nécessite à la fois une bonne connaissance du réservoir géothermale mais aussi du système dans sa globalité qu'est le Synclinal de l'Arc.

La phase exploratoire se décompose en deux phases principales : une phase d'étude et d'acquisition de données et une phase travaux exploratoires, permettant de quantifier le potentiel géothermique sur la zone d'étude.

Ci-dessous le logigramme du projet comprenant les deux phases de l'exploration et la phase travaux.



VOI : Value Of Information
 C/O : Care Of
 POS : Probability Of Success

Figure 45 : logigramme des phases exploratoires et travaux

Tableau 13 : Planning prévisionnel de l'exploration

Description	Date
Dépôt de la demande de PER	Septembre 2023
Suivi du dossier de PER	Septembre 2023 à Décembre 2024
Récupération des données existantes	En cours jusqu'à Septembre 2024
Travaux internes sur l'analyse des données géologiques et géophysiques	En cours jusqu'à Septembre 2024
Obtention de l'arrêté de PER	Décembre 2024
Déclaration éventuelle de travaux de sismique	Janvier 2025
Travaux complémentaires de sismique	Juin 2025
Dépôt dossier d'autorisation de travaux de forages	Octobre 2025
Début Travaux de forage	Avril 2026
Fin travaux aux puits et tests	Octobre 2026
Décision de demande d'exploitation ou travaux complémentaires :	
Si travaux exploratoire complémentaires	Octobre 2026 à Novembre 2026
Si demande d'exploitation, dépôt dossier	Novembre-Décembre 2026
Travaux de développement de la géothermie et du réseau de chaleur	A partir de janvier 2027

1 Etude des données disponibles

Cette étape implique une analyse détaillée des données existantes afin de localiser les zones d'intérêt majeur pour la poursuite des travaux d'exploration.

- Les données provenant des forages antérieurs

Ces données seront examinées en profondeur pour évaluer leur pertinence et leur fiabilité.

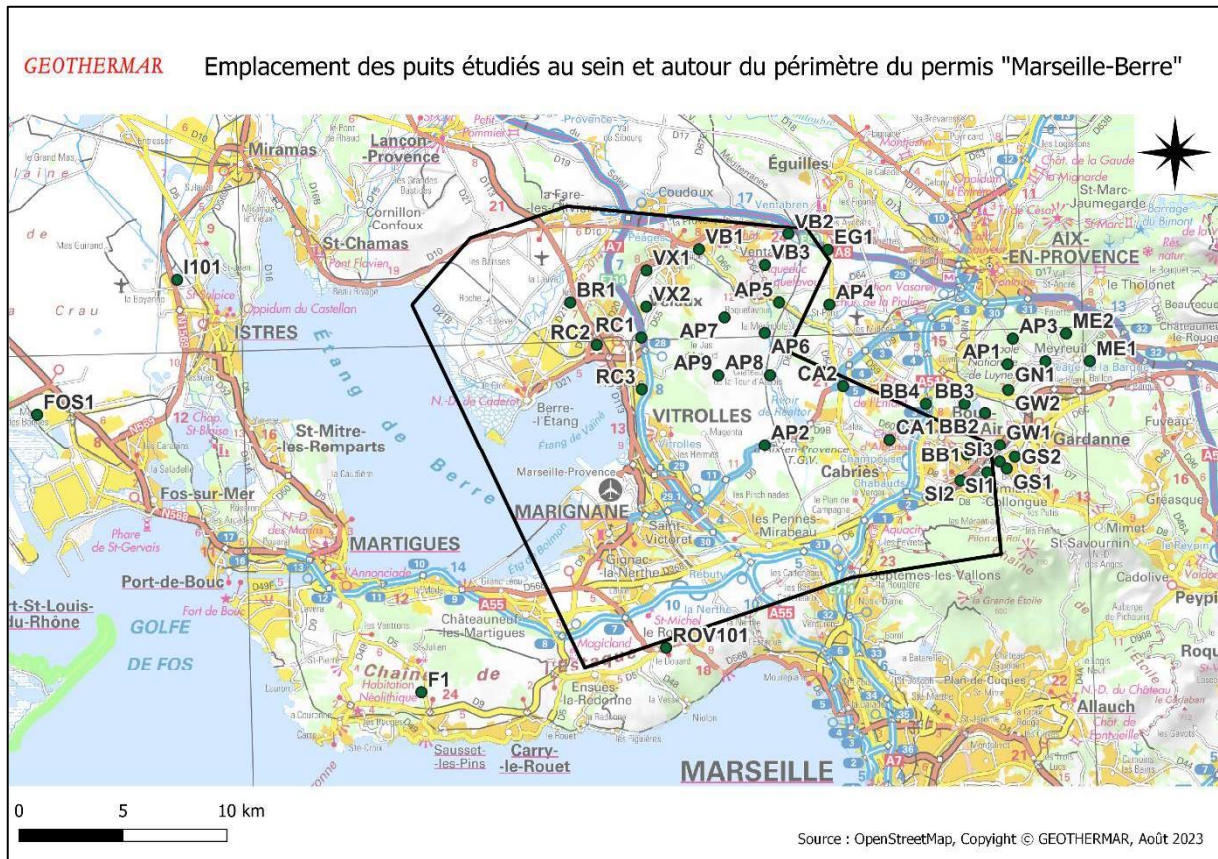


Figure 46 : Emplacement des puits étudiés au sein et autour du périmètre du permis "Marseille-Berre"

40 puits ont été réalisés dans les années 70 aux alentours de la zone d'étude. Différentes données sont disponibles telles que les logs de puits, les diagaphies ou encore les rapports de fin de forage. Celles-ci apporteront une meilleure connaissance des propriétés pétrophysique, lithologiques et structurales des horizons cibles (Crétacé et Jurassique).

- Etude des données géophysiques réalisées par le BRGM

Une campagne géophysique ainsi que des études géologiques seront menées par le BRGM dans les prochains mois. Cette campagne comprendra la sismique 2D afin de cartographier les propriétés mécaniques du sous-sol, l'électromagnétisme pour cartographier les propriétés électriques du sous-sol ainsi que l'acquisition de données géologiques structurales et de réservoir, avec la recherche d'indice de karstification, couvrant la zone du permis « Marseille-Berre » sur des données analogues de terrain.

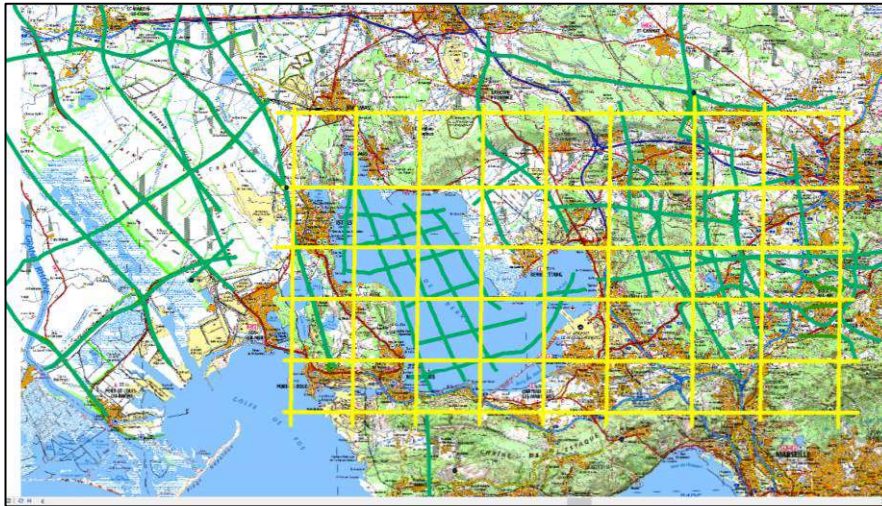


Figure 47 : lignes sismiques 2D du BRGM

Les mesures électromagnétiques seront quant à elles un indicateur sur la lithologie du sous-sol et sur la présence de fluide. Ces mesures pourront être co-interprétées avec les mesures sismiques pour tirer profit de la meilleure résolution spatiale de la sismique.

Le BRGM fera également des études sur les analogues de terrain afin de comprendre la nature, l'origine et le mode de circulation des fluides ainsi que les caractéristiques pétrophysiques et hydrogéologiques des différents niveaux réservoirs potentiels. Aussi, il effectuera des études de faciès de diagenèse, de minéralisation et sur la structure.

Les résultats de ces études seront analysés en détail pour compléter l'analyse des données existantes et permettront d'identifier une zone d'intérêt plus restreinte pour réaliser la phase travaux. En fonction de la pertinence et de la précision de l'ensemble de ces données analysées, un programme prévisionnel d'acquisition de données complémentaires pourra être proposé dans la zone d'intérêt mise en évidence si leur VOI (value of information) est suffisante d'un point de vue technico-économique. Les données complémentaires pourront être obtenues à partir d'opérations d'explorations géophysiques utilisant des méthodes sismiques.

2 Acquisition de données géophysiques et traitement de données

- Campagne de terrain

Une campagne géologique de terrain et des mesures de surface pourra être réalisées afin de repérer des analogues en surface et de pouvoir caractériser les roches, surtout les roches karstiques. Une observation des éléments de karstification et des structures tels que les plis, les failles et les fractures sera également possible. L'étude des failles et fractures (directions, immersions, présence d'indicateurs de circulations de fluides, etc.) permettra de mieux appréhender la structure du Synclinal.

- Réalisation potentielle d'une campagne sismique 3D

La sismique 3D, si elle a lieu, sera située à l'aplomb du premier secteur de forage exploratoire, afin d'obtenir une compréhension plus détaillée de la stratigraphie, de la structure géologique et éventuellement du niveau de karstification des réservoirs

cibles. Elle se fera suite à l'obtention d'une autorisation d'ouverture de travaux.

Les techniques de sismique couramment utilisées en recherche pétrolière seront employées pour mener à bien ces investigations. La technique de sismique utilisée sera la sismique réflexion qui est largement utilisée en exploration pétrolière. La sismique réflexion est une méthode de propagation d'ondes en profondeur qui se réfléchissent sur des discontinuités géologiques. Le principe réside en l'émission artificielle de vibrations ou ondes sur le sol et à la mesure de ces ondes réfléchies en surface.

La vibrosismique est la principale méthode d'émission de vibrations utilisée. Elle consiste à émettre des vibrations sinusoïdales de fréquence variable à l'aide d'une plaque vibrante et d'un camion vibreur. Les signaux émis sont amplifiés en utilisant plusieurs camions synchronisés. Ces opérations sont généralement réalisées sur les voies existantes, et l'énergie émise a un impact limité dans un rayon de 200 mètres autour des camions.



Figure 48 : Exemple de camions utilisés en sismique (Source : Fonroche Géothermie)

L'acquisition se fait par des récepteurs appelés géophones qui convertissent le mouvement du sol en tension électrique par un aimant et une bobine. Ils sont disposés selon un agencement géométrique spécifique le long du profil sismique prévu. Les câbles reliant les géophones au camion laboratoire, servant à transmettre le signal émis par les géophones au système d'acquisition, sont déployés sur une bande de terrain étroit, et sont espacés selon un agencement précis. L'ensemble du processus d'acquisition de données sismiques peut durer jusqu'à 48 heures au même endroit.

karstification des roches carbonatées.

- Intégration des données dans un modèle 3D

L'ensemble des données recueillies jusqu'à présent permettront de construire un modèle 3D fait par un bureau d'étude compétent afin de comprendre et d'appréhender la structure du réservoir et permettant ainsi de choisir de l'emplacement du forage test. La modélisation des gisements géothermiques sera basée principalement sur des données géologiques et structurales comprenant la karstification, les failles, les plis, les contacts entre les différentes formations géologiques et la structure des réservoirs. Un modèle hydrogéologique pourra être effectué sous réserve d'acquérir des données suffisamment pertinentes sur la quantité de fluide, sa composition, la circulation des fluides au sein du réservoir, les données de faciès ou encore les propriétés pétrophysiques.

Ces mesures et études réalisées permettront donc de mettre en évidence des zones favorables pour les travaux de forages. Une fois que le premier secteur d'exploration sera validé par les parties prenantes, la phase des travaux consistera en la réalisation de forages et de tests sur les réservoirs cibles avec également l'acquisition et de l'analyse de données géologiques, géophysiques, géochimiques, géomécaniques, etc.

3 Phase travaux : réalisation de forages d'explorations et acquisition de données physico-chimique de puits

- Forage du 1^{er} puits

Une fois que la stratigraphie et les structures géologiques auront apporté suffisamment d'information sur le sous-sol, les travaux de forages pourront être entrepris pour accéder aux cibles identifiées sur la zone la plus favorable préalablement mise en évidence. Les puits exploratoires constituent une reconnaissance directe du réservoir. Aussi, des tests seront également réalisés pour évaluer les caractéristiques et le potentiel de production à partir de ces réservoirs. Avant de commencer ces travaux miniers, une demande préalable d'autorisation de forage devra être soumise aux autorités compétentes afin d'obtenir leur approbation, en veillant à la conformité aux réglementations environnementales et de sécurité.

L'objectif de ce puits sera donc d'explorer le réservoir karstifié et fissuré du Crétacé inférieur et éventuellement le réservoir sous-jacent du Jurassique supérieur, avec des températures prévues entre 60 et 90°C et une épaisseur cumulée potentielle de 500 m. La profondeur probable du puits sera située entre 1400 et 2600 m, avec un déport latéral important.

Le programme prévisionnel pour la réalisation du nouveau puits vise les objectifs suivants :

- Acquisition de données complémentaires sur les zones réservoirs et sur le fluide géothermal permettant également le recalage de la sismique.
- Réalisation de tests de production, notamment de débit et de température.

Les travaux se dérouleront selon la séquence suivante :

- Acquisition de données sur le puits à l'aide de diagraphies :
 - GR, densité, porosité, sonique ;
 - Log pression/température (PTL) ;
 - Intégrité du casing de production (CBL) ;
 - Imagerie électrique de paroi (FMI, FMS) ;
 - VSP (profil sismique vertical) Offset s'il y a pertinence technico-économique.
- Test des réservoirs :
 - Perforation des zones d'intérêt entre les packers ;
 - Tests entre les packers ;
 - Test global sans packer.

- Simulation du réservoir

La simulation du réservoir se fera en intégrant les données acquises durant la phase forage aux modélisations statiques et dynamique préexistantes. Ainsi les modèles seront réajustés avec les différentes données géologiques/structurales, thermo-hydrodynamiques, géomécaniques, etc. De plus, le fonctionnement d'un cluster d'au moins 2 puits, multidrains, pourra être stimulé en fonction des résultats des test débit/température (Q/T).

Les données acquises avec ce puits permettront d'augmenter significativement la résolution autour du puits et de recalibrer les précédentes campagnes sismiques. Cela permettra d'obtenir une meilleure évaluation de la ressource géothermale avec la recherche d'indices de karstification et de fractures. Ce puits permettra également l'identification de l'aquifère le plus favorable pour obtenir les meilleures capacités de production possible.

À la fin des tests et en fonction des résultats obtenus, une décision sera prise pour soit abandonner le puits, soit le conserver en vue d'une éventuelle transformation ultérieure en puits de production ou d'injection pour un futur cluster géothermique. Un repositionnement de la cible du réservoir sera également possible si cela s'avère pertinent. En cas de succès du 1^{er} puits, des ajustements et compléments pourront être apportés, si nécessaire, au programme de forage du 2^{ème} puits.

Par ailleurs, les caractéristiques autour du puits concerné ne sont pas forcément représentatives de la zone réservoir sollicitée pour un doublet opérationnel, en particulier pour les karsts et les failles. Le calage avec la sismique est donc crucial. Ce n'est que lors du forage du 2^{ème} puits que les capacités de production de la future centrale réelles pourront être correctement évaluées.

- Forage du 2^{ème} puits

Une fois le 2^{ème} forage effectué, des tests inhérents à ce puits seront réalisés pour en évaluer ses caractéristiques et son potentiel de production. L'attribution en puits producteur ou injecteur pourra ainsi être faite.

En cas d'échec du 2^{ème} puits, on pourra éventuellement effectuer des travaux complémentaires pour améliorer son rendement, prévoir un 3^{ème} puits exploratoire ou encore procéder à la fermeture des deux puits.

- Tests en boucle fermée

Ce sont ces derniers tests qui définissent les capacités réelles de la centrale et le bon fonctionnement de la boucle géothermale.

- **Modélisation**

Les modélisations géostructurale et hydrogéologique peuvent être affinées avec les données relatives aux 2 puits. Ces modèles combinés aux essais en boucle fermée et aux données de débits et températures permettront de simuler la production géothermale et ainsi quantifier les capacités réelles de la centrale.

3.3.1.1 Description sommaire d'un programme de forage type

Les différentes étapes de la réalisation d'un forage sont :

- La préparation de l'emplacement de forage ;
- L'installation de l'appareil de forage ;
- La phase de forage ;
- Les tests du réservoir ou essais de production ;
- La remise en état des lieux ;
- La sécurité ;
- La protection de l'environnement.

3.3.1.1.1 La préparation de l'emplacement de forage

La première phase de travaux consiste à préparer l'emplacement de la plateforme de forage. Une surface d'environ 0,4 à 0,6 hectares, au maximum, sera défrichée et nivelée, et la terre végétale retirée sera stockée pour être réutilisée ultérieurement après la fermeture définitive du site. L'accès au chantier se fera par la voirie existante, qui pourra éventuellement être renforcée ou réaménagée en cas de besoin. Une signalisation appropriée sera mise en place pour informer des modifications de voirie et de circulation.

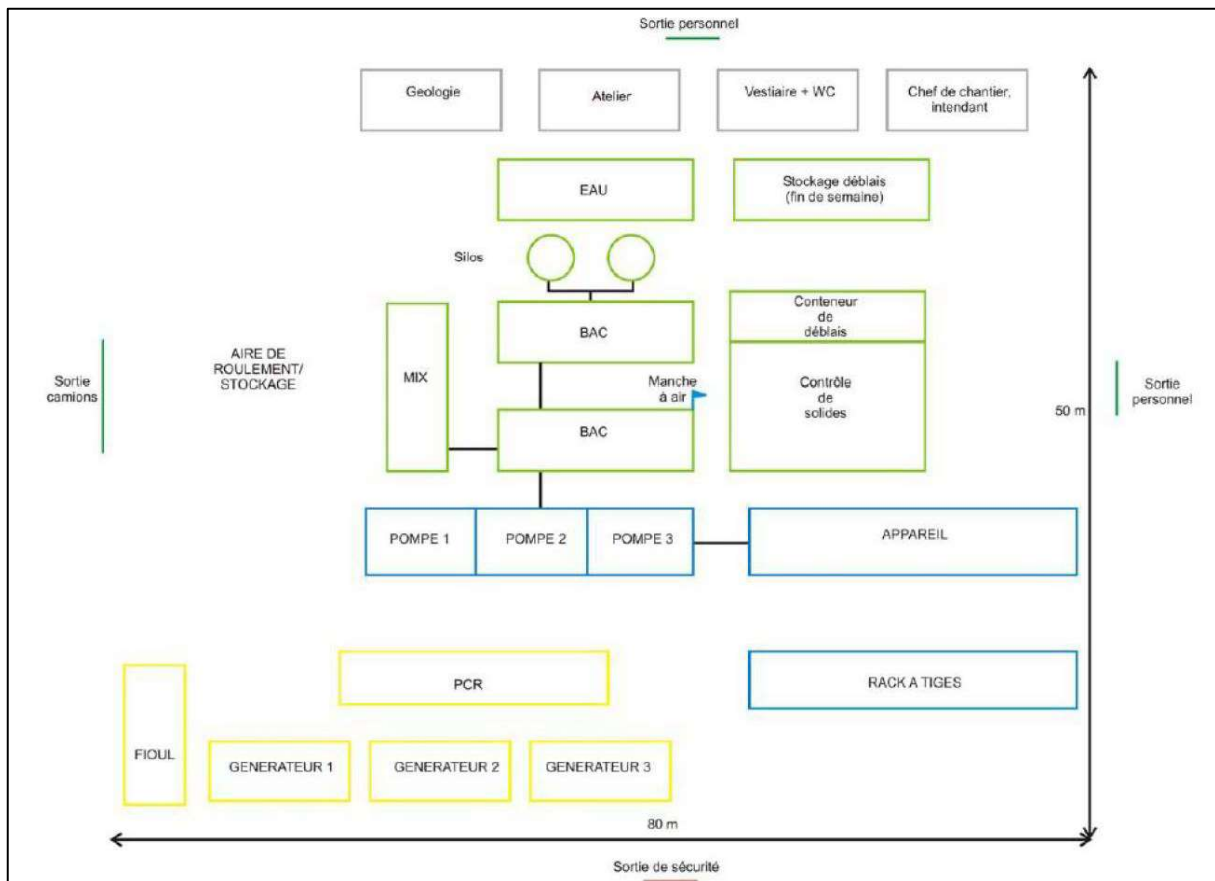


Figure 51 : Exemple d'emprise de chantier

Les travaux d'aménagement du chantier de forage comprendront les éléments suivants, réalisés à l'aide d'engins de chantier classiques tels que des pelles mécaniques, des bulldozers et des niveleuses :

- Construction d'une plateforme bétonnée de 100 à 500 m², en fonction de la taille de l'équipement de forage. Cette plateforme sera située au centre du chantier et servira de support pour le mât de forage, les cabanes de chantier et le parking des véhicules nécessaires.
- Construction d'une cave ou deux caves en béton, d'une capacité de plusieurs mètres cubes, située au centre de la plateforme et correspondant à l'emplacement d'entrée du forage dans le sol.
- Construction de plusieurs réservoirs étanches, appelés bourbiers, revêtus de liners imperméables. Ces réservoirs seront utilisés pour contenir les fluides nécessaires aux opérations de forage, tels que la boue et l'eau, ainsi que pour leur traitement.
- Création de fossés de drainage autour de la plateforme pour collecter et traiter les eaux pluviales et de ruissellement qui s'écoulent à l'intérieur de celle-ci, connectés par un débourbeur et un déshuileur.

3.3.1.1.2 Installation de l'appareil de forage



Figure 52 : Exemple d'atelier de forage (Source : SMP Drilling)

Une fois que l'emplacement est préparé, l'appareil de forage est transporté par camion jusqu'à la plateforme où il est assemblé. Le processus de montage ou de démontage dure généralement environ quinze jours et implique la rotation d'environ une centaine de camions pendant les heures de travail.

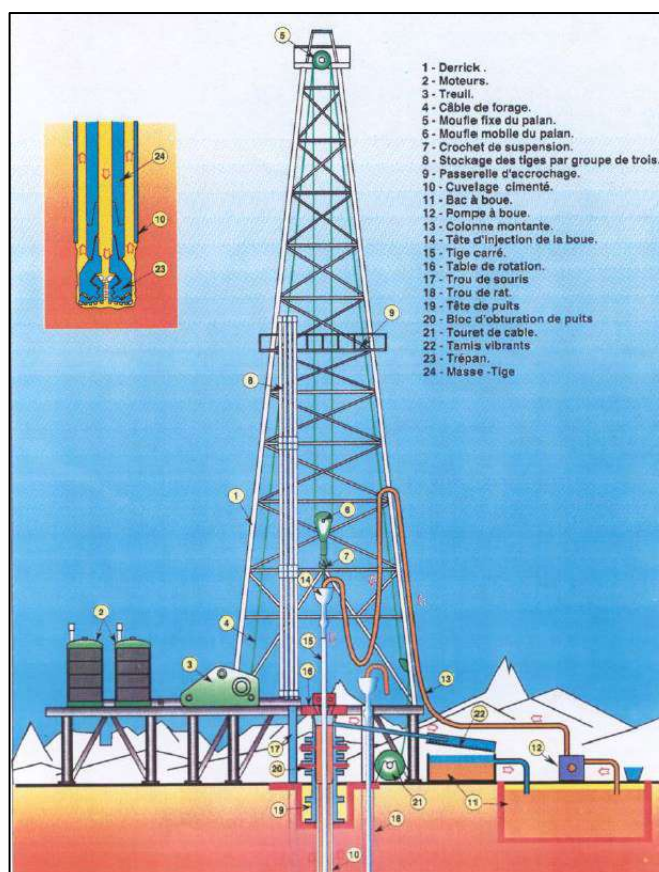


Figure 53 : Schéma explicatif d'une installation de forage

Un forage est constitué d'un système de levage afin de faire remonter et descendre le train de tiges et les tubages dans le puits. Il comprend le derrick ou mât de forage,

le treuil qui enroule et déroule le câble de forage, les moufles par lesquels passe le câble et les clés et les coins de retenus servant à visser et dévisser les tiges et les masses-tiges. Ce système de levage est accompagné d'un système de rotation (top drive), de circulation des fluides, de génération de puissance ainsi que d'un système de contrôle des puits.

3.3.1.1.3 La phase de forage

La réalisation d'un forage profond commence par la foration des "mort-terrains" avant d'atteindre la cible désirée. Cette phase débute par la création d'un avant-trou, réalisé à l'aide d'un atelier de forage de taille modeste et sans aucun fluide de forage. L'avant-trou est tubé et cimenté pour faciliter la descente de l'outil de forage et de sa garniture.

Une fois l'avant-trou terminé, les travaux de forage proprement dits peuvent commencer. Ils consistent à forer à des diamètres décroissants en utilisant des tubages en acier cimentés jusqu'à atteindre la profondeur souhaitée, conformément au programme établi au préalable.

Au cours du forage, il est souvent nécessaire de traverser un ou plusieurs niveaux aquifères avant d'atteindre la cible définie par les géologues. Afin d'éviter la contamination des niveaux aquifères et d'assurer la stabilité des parois du puits, des cuvelages en acier sont installés, et l'espace annulaire entre ces cuvelages et les parois du trou est cimenté pour assurer la stabilité et l'étanchéité du puits, en particulier vis-à-vis des aquifères. Une fois cette isolation réalisée, le forage atteint la cible, c'est-à-dire le réservoir recherché. Les dimensions des tubages sont déterminées en fonction des études détaillées et peuvent être ajustées en fonction de la géologie rencontrée lors du forage.

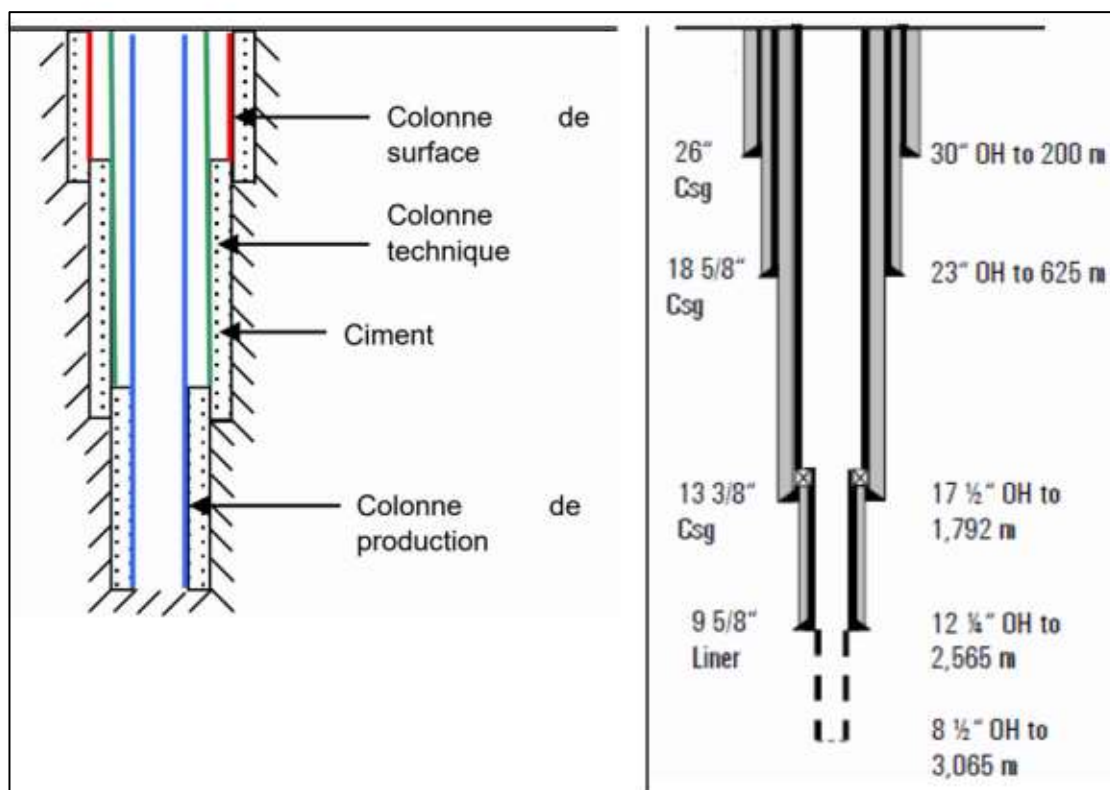


Figure 54 : Exemple type d'une conception de forage profond

Pendant la phase de forage, la principale opération consiste à descendre progressivement les tiges de forage dans le puits en les faisant tourner à l'aide d'un top-drive situé sur le mât de forage. Des pompes sont utilisées pour injecter en continu à l'intérieur des tiges le fluide de forage, généralement une boue spéciale. Ce fluide passe par les orifices de l'outil de forage et remonte jusqu'à la surface, par l'espace annulaire entre le trou et les tiges de forage. Ce fluide a pour fonction de lubrifier, de maintenir la stabilité du puits, de transmettre une énergie hydraulique à l'outil de forage, de refroidir l'outil de forage ainsi que de transporter les déblais de forage. La boue est recyclée grâce à un système de tamisage et de décantation, ce qui permet sa réutilisation en grande partie en circuit fermé (Figure 52) :

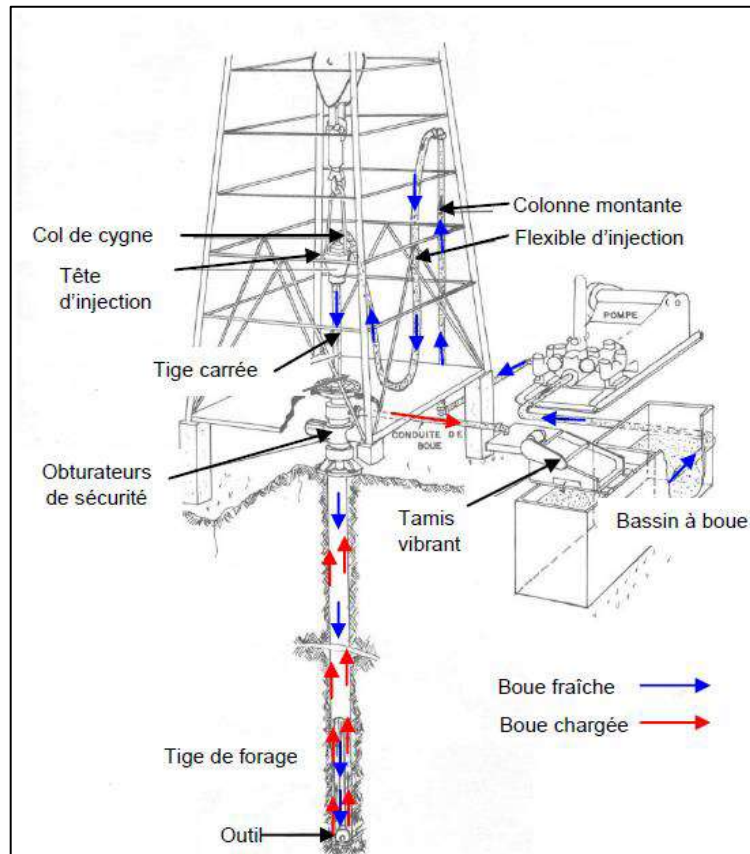


Figure 55 : Circuit de la boue de forage (Source : ENSP)

La boue remonte vers la surface chargée en déblais de forage ou cuttings et passe alors par un tamis vibrant qui retient les déblais les plus gros. Eventuellement, la boue peut passer par des hydrocyclones puis par un dessableur qui enlève le sable et les silts par centrifugation et par un dégazeur dans le cas où elle contient des gaz. La boue retourne ensuite dans les grands réservoirs en acier équipés d'agitateur.

Les différentes unités de traitement de boue de forage sont explicitées dans la Section 5.2 concernant les impacts et mesures des effluents d'un chantier de forage sur la ressource en eau.

L'énergie nécessaire au fonctionnement de tous les équipements de l'atelier de forage peut être fournie de deux manières différentes. Si possible, elle est fournie en se branchant directement à la ligne électrique publique, ce qui constitue la source principale d'alimentation. Toutefois, dans certaines situations où l'accès à l'électricité publique est limité ou indisponible, l'énergie peut être générée par des moteurs

diesel et des groupes électrogènes. Cette alternative permet de fournir l'électricité nécessaire pour alimenter les différents organes du forage, qu'ils fonctionnent à l'électricité ou à l'hydraulique. Ainsi, les deux méthodes d'approvisionnement énergétique sont utilisées en fonction des besoins et des contraintes spécifiques à chaque site de forage et des possibilités de l'atelier de forage.

- Les équipes de travail

Pendant la phase de forage, une surveillance continue est essentielle, assurée par trois équipes travaillant en rotation de huit heures chacune. Ces équipes se relaient jour et nuit, garantissant une surveillance 24 heures sur 24 tout au long du processus de forage. La durée totale de cette phase varie en fonction de la profondeur ciblée et des éventuelles difficultés techniques rencontrées. Dans le cas de puits très profonds tels que celui en question, cette phase est généralement prévue pour durer environ trois à quatre mois.

3.3.1.1.4 Les tests du réservoir ou essais de production

Après la phase de forage, deux scénarios peuvent se présenter :

- Le forage est clairement négatif et ne présente aucun indice exploitable de ressource géothermique. Dans ce cas, soit un programme de travaux exploratoires complémentaires peut être envisagé soit aucune opération d'évaluation supplémentaire n'est entreprise et la remise en état des lieux commence.
- Le forage révèle des indices prometteurs de ressources géothermiques, nécessitant des opérations complémentaires pour évaluer leur potentiel. Ces opérations, appelées tests de production, comprennent les étapes suivantes :
 - Nettoyage du puits
 - Test entre packers
 - Test global sans packer
 - Test de réinjection dans le même réservoir

3.3.1.1.5 Remise en état des lieux

Deux scénarios se présentent en fonction des résultats des tests :

- En cas de succès du test sur un puits, celui-ci pourrait alors devenir un puits de production ou d'injection pour le futur cluster géothermique. Les travaux de forage du 2^{ème} puits peuvent alors commencer et permettront d'évaluer correctement les capacités de la centrale. Dans ce cas, des dossiers spécifiques tels que la "Demande de permis d'exploitation" ou la "Demande de concession" (dépendant de la puissance de la centrale) seront déposés. Ces dossiers devront détailler les mesures spécifiques prises pour protéger l'environnement du site. Des essais de mise en production pourront ensuite être envisagés.
- En cas d'échec du puits, on peut soit laisser le puits ouvert en tant que puits d'observation pour de futures études scientifiques soit prendre des mesures pour le fermer définitivement et le sécuriser, en respectant les objectifs suivants :

- Isolement des niveaux-réservoirs dans le découvert.
- Isolation du découvert.
- Isolement des annulaires non cimentés.

La fermeture du puits sera réalisée conformément au Code Minier. Un programme de fermeture détaillé, incluant des dispositions pour protéger les aquifères et assurer la sécurité du puits, sera soumis à l'approbation de la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement.

La procédure de fermeture définitive en vigueur, décrite dans la Note Technique DNEMT n° 11 de novembre 1997, sera respectée. Voici les principaux points à considérer :

- Les opérations de fermeture ne doivent pas perturber l'équilibre hydrostatique du puits. Le fluide laissé entre les bouchons (boue, saumure inhibée, etc.) doit avoir une densité telle que le volume injecté équilibre la plus forte pression rencontrée pendant la phase de forage considérée.
- Les bouchons peuvent être mécaniques ou hydrauliques (ciment). Le laitier de ciment généralement utilisé pour les bouchons hydrauliques peut être remplacé par un autre matériau de scellement, comme de la résine acrylique par exemple.

Certains principes doivent être respectés :

- L'installation d'une bride pleine sur le sommet du tube de surface équipée d'un taraudage ½" avec une vanne et un manomètre pour mesurer la pression amont lors de l'opération de fermeture.
- Dans certains cas particuliers, des traitements anti-corrosion ou des procédures spécifiques d'abandon peuvent être nécessaires en raison des risques de corrosion ou d'électrolyse dus aux courants vagabonds.
- La mise en place d'un bouchon de ciment doit se faire par injection sous pression au niveau souhaité, car une cimentation gravitaire ne garantit généralement pas un positionnement adéquat du ciment.
- Le niveau atteint par le ciment dans les différents annulaires doit être connu avant d'établir le programme de fermeture.
- Les bouchons de ciment doivent avoir un volume minimum de 1 m³.

Ces mesures garantissent une fermeture sûre et respectueuse de l'environnement du site.

Par ailleurs, on peut envisager de laisser le puits ouvert pour permettre son utilisation par la communauté scientifique ou à des fins d'exploration du sous-sol.

3.3.1.1.6 Sécurité

Étant donné que les cibles géothermiques se trouvent à des profondeurs importantes, des procédures de santé, sécurité et environnement (HSE) similaires à celles utilisées dans l'exploitation pétrolière seront mises en place. Cela garantit que les opérations sont effectuées de manière sûre et respectueuse de l'environnement.

Le personnel intervenant sera spécifiquement formé pour les opérations géothermiques afin de faire face aux défis et aux risques liés à ces conditions particulières. Ils seront formés aux procédures de sécurité appropriées, à la gestion

des risques, à la prévention des incidents et à la protection de l'environnement.

L'objectif est de s'assurer que toutes les activités sont réalisées en conformité avec les réglementations en vigueur et les normes de sécurité de l'industrie. Cela contribue à minimiser les risques pour le personnel, les installations et l'environnement, tout en maximisant l'efficacité et la fiabilité des opérations géothermiques.

3.3.1.1.7 Protection de l'Environnement

La réalisation de ce programme d'exploration sera effectuée en observant des pratiques respectueuses de l'environnement. Les mesures visant à limiter ou atténuer les impacts sur les chantiers de travaux sont détaillées dans la Partie 4.6 du dossier.

Voici les principaux points relatifs à la préservation de l'environnement :

- Les opérations de sismique et de forage seront réalisées en dehors des zones protégées des périmètres de protection rapprochés des infrastructures d'alimentation en eau potable et des sites industriels existants.
- L'empreinte au sol sera réduite à une surface nettement inférieure à un hectare, avec les installations contenues dans un périmètre de 4 000 à 6 000 m².
- Les surfaces de travail où seront installés les équipements moteurs et les stockages de carburant seront étanches pour éviter tout risque de pollution des sols et des eaux superficielles.
- L'eau utilisée pour le forage sera traitée et recyclée dans le système de traitement des boues de l'appareil de forage. Les résidus minéraux solides seront évacués dans un centre agréé conformément à la réglementation en vigueur.
- Le niveau de bruit sera réduit conformément aux normes réglementaires en vigueur.
- Un stock de sécurité d'eau incendie de 40 m³ sera constamment disponible sur le site de forage, avec tout l'équipement approprié tel qu'un canon à eau et une lance à incendie.

En cas de présence de traces d'hydrocarbures liquides dans les eaux, bien qu'il n'y en ait pas dans le secteur en l'état de connaissance actuel, ces derniers seront collectés et stockés dans des bacs spécifiques avant d'être évacués vers une raffinerie. Les éventuels dégagements d'hydrocarbures gazeux sont éliminés en les brûlant à la torche du chantier ou dans un incinérateur mobile prévu à cet effet. En cas de dégazement intempestif d'H₂S (hydrogène sulfuré), une unité de traitement sera installée en surface sur le chantier pour le traiter.

Aussi un système de contrôle du puits (BOP) est installé afin d'éviter notamment les éruptions de fluides géothermiques (y compris les éventuels hydrocarbures et gaz) présents dans les formations rencontrées en cas de pression hydrostatique insuffisante du fluide de forage.

Ces mesures permettent de gérer de manière efficace les fluides et les hydrocarbures gazeux ou fluides pouvant être rencontrés lors du forage, garantissant ainsi la sécurité et la protection de l'environnement.

L'eau utilisée sera principalement prélevée directement du puits lui-même. Les éventuels adjuvants utilisés seront biodégradables. Tout au long de la phase de test, un suivi du taux de nucléides dans l'eau géothermale sera effectué pour surveiller les niveaux de remontées et adapter les procédures d'exploitation futures en conséquence.

L'ouverture de travaux de recherches et d'exploitation est soumise à une autorisation d'ouverture de travaux miniers au titre de l'article L.162-1 du Code minier (nouveau). Depuis le 1^{er} janvier 2023, cette autorisation est intégrée dans le régime de l'autorisation environnementale prévu à l'article L.181-1 du code de l'environnement. Ainsi, le demandeur devra déposer une demande d'autorisation accompagnée d'un dossier complémentaire spécifique aux travaux miniers.

4 Engagement financier

Tableau 14 : Synthèse des coûts pour les différentes étapes exploratoires

Phase	Coût	Objet
Revue existant, campagne de terrain géologie et définition du programme d'exploration	■ €	Recueillir le maximum d'information sur les unités réservoirs et en particulier sur la typologie de karst.
Traitement des données acquises par le BRGM	■ €	Déterminer les structures.
Potentielle acquisition de sismique 3D (50 km ²)	■ €	Permettre la vision 3D de la structure, du réseau de perméabilité.
Forages puits d'exploration et diagraphie, microplug, carottage, DAS, potentielle VSP...	■ €	Evaluation local des propriétés géologique et pétrophysique du milieu. Evaluation des capacités de production géothermale.
Synthèse, étude, modèle numérique (?) réservoir modélisation géologique thermo-hydrogéologique	■ €	Etablissement d'un modèle prédictif et préconisation pour le développement de la géothermie profonde.