



HAL
open science

Aux frontières de la géothermie profonde : l'émergence du milieu “ sous-sol ” dans un contexte de transition énergétique

Justin Missaghieh-Poncet

► **To cite this version:**

Justin Missaghieh-Poncet. Aux frontières de la géothermie profonde : l'émergence du milieu “ sous-sol ” dans un contexte de transition énergétique. Géographie. Université de Pau et des Pays de l'Adour, 2023. Français. NNT : 2023PAUU1117 . tel-04171215

HAL Id: tel-04171215

<https://theses.hal.science/tel-04171215v1>

Submitted on 26 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

THÈSE

UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR
École doctorale 481 Sciences Sociales et Humanités

Présentée et soutenue le 25 mai 2023
par **Justin MISSAGHIEH--PONCET**

pour obtenir le grade de docteur
de l'université de Pau et des Pays de l'Adour
Spécialité : Géographie

AUX FRONTIÈRES DE LA GÉOTHERMIE PROFONDE : L'ÉMERGENCE DU MILIEU « SOUS-SOL » DANS UN CONTEXTE DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

MEMBRES DU JURY

PRÉSIDENTE

Christine BOUISSET

Professeure des universités / Université de Pau et des Pays de l'Adour

RAPPORTEURS

Michel DESHAIES
Laurence ROCHER

Professeur des universités / Université de Lorraine
Maîtresse de conférences (HDR) / Université Lumière Lyon 2

EXAMINATEURS

Marie FORGET
Olivier LABUSSIÈRE

Maîtresse de conférences / Université Savoie Mont-Blanc
Chargé de recherche CNRS / Université Grenoble-Alpes

DIRECTEUR

Xavier ARNAULD DE SARTRE

Directeur de recherche CNRS / Université de Pau et des Pays de l'Adour

Cette thèse a été financée par l'Agence nationale de la recherche dans le cadre du projet ANR GÉFISS.



RÉSUMÉ

Réservoir naturel d'énergies fossiles extraites pour fonder les deux révolutions industrielles, le sous-sol est-il en train – au prétexte de la transition énergétique – de changer de statut pour devenir un des milieux dans lequel cette transition est possible ? C'est le pari qui est fait avec la géothermie profonde. Cette technologie consiste à produire de la chaleur et de l'électricité issues d'une modification de la géothermie dite améliorée de moyenne profondeur qui s'est développée en France, dans le Bassin parisien, après les chocs pétroliers des années 1970. Si cette forme de géothermie allait chercher la chaleur dans les couches géologiques situées à environ 2 000 mètres de profondeur, dont les fluides étaient extraits pour amener la chaleur en surface, la géothermie profonde implique d'aller chercher la chaleur bien plus profondément (environ 5 000 mètres) en créant des réseaux souterrains pour faire circuler des fluides. Beaucoup plus coûteuse, cette technique est plus difficile techniquement. Les années 2010 ont cependant permis de s'intéresser à cette technique, dans une volonté de produire une électricité décarbonée, s'inscrivant dans les politiques de transition énergétique. Néanmoins, le développement de cette géothermie a été complexe, générant à ce jour plus d'échecs industriels que de succès.

Si le « défaut d'acceptabilité sociale » est souvent proposé pour justifier l'échec de ces projets, il nous est apparu nécessaire, au cours de cette recherche, d'aller au-delà de cette explication, en regardant non seulement les populations, mais également le portage sociotechnique et le contexte territorial dans lequel la technologie a été déployée. En effet, l'acceptabilité sociale est souvent réduite à une approche procédurale et de gestion du « risque social », occultant le fait que la controverse soit une mise en concurrence entre différents récits, et révélant des changements de rapports de force au sein des territoires. Le déploiement de ces technologies est contraint par d'autres limites : le modèle technico-économique nécessite une phase de maturation, à travers la

mobilisation de la promesse technoscientifique (notamment dans le cas de l'EGS) et la recherche d'un modèle économique viable (chaleur, électricité, lithium). Le résultat le plus saillant de notre travail est sans doute que ces projets révèlent également des mécanismes de politisation du sous-sol, en requestionnant la relation des milieux superficiels et souterrains et en construisant des territoires verticaux. Le sous-sol est ainsi amené à changer progressivement de statut, grâce à la transition énergétique, devenant un milieu où cette transition se manifeste. Ces changements sont timides, limités aux espaces où des projets souterrains sont déployés et, surtout, ils ne sont pas institutionnalisés. En témoigne l'analyse de la gouvernance du sous-sol, au travers de la mise en place de forums hybrides et des difficultés de gestion de ce milieu par les autorités étatiques, qui font que, en matière de politique publique au moins, on est encore loin de territoires verticaux.

Mots-clés : Acceptabilité sociale, Transition énergétique, Géothermie profonde, Construction socio-technique, *Political geology*, Géographie politique du sous-sol, Sous-sol, Séismes, Gouvernance, Territoires verticaux, Politisation du sous-sol

ABSTRACT

As a natural reservoir of fossil fuels extracted to underpin the two industrial revolutions, is the subsurface in the process of changing its status - on the pretext of the energy transition - to become one of the environments in which this transition is possible? This is the bet that is being made with deep geothermal energy. This technology consists in producing heat and electricity from a modification of the so-called enhanced medium-depth geothermal energy that developed in France, in the Paris Basin, after the oil crises of the 1970s. While this form of geothermal energy sought heat in geological layers located at a depth of about 2000 metres, from which fluids were extracted to bring the heat to the surface, deep geothermal energy involves seeking heat much deeper (about 5000 metres) by creating underground networks to circulate fluids. This technique is much more expensive and technically more difficult. However, the 2010s have shown an interest in this technique, with a view to producing low-carbon electricity, as part of the energy transition policies. Nevertheless, the development of this geothermal energy has been complex, generating more industrial failures than successes to date.

If the 'lack of social acceptability' is often proposed to justify the failure of these projects, it seemed necessary to us, in the course of this research, to go beyond this explanation, by looking not only at the populations, but also at the socio-technical support and the territorial context in which the technology was deployed. Indeed, social acceptability is often reduced to a procedural and 'social risk' management approach, obscuring the fact that the controversy is a competition between different narratives, and revealing shifting power relations within the territories. The deployment of these technologies is constrained by other limits: the techno-economic model requires a maturation phase, through the mobilization of the techno-scientific promise (notably in the case of the EGS) and the search for a viable economic model (heat, electricity, lithium).

The most salient result of our work is undoubtedly that these projects also reveal mechanisms of politicization of the subsurface, by questioning the relationship between surface and underground environments and by constructing vertical territories. The subsurface is thus gradually changing its status, thanks to the energy transition, becoming an environment where this transition is manifested. These changes are timid, limited to the spaces where underground projects are deployed and, above all, they are not institutionalized. This is illustrated by the analysis of the governance of the subsurface, through the setting up of hybrid forums and the difficulties of managing this environment by the state authorities, which means that, in terms of public policy at least, we are still far from vertical territories.

Keywords: Social acceptability, Energy transition, Deep geothermal energy, Socio-technical construction, Political geology, Political geography of the subsurface, Subsurface, Earthquakes, Governance, Vertical territories, Politicization of the subsurface

REMERCIEMENTS

Si la thèse est un exercice solitaire, quasi initiatique, il est également le fruit de rencontres professionnelles et personnelles riches. J'aimerais ainsi remercier les personnes qui ont croisé mon chemin durant ce travail de longue haleine.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères à mon directeur de thèse, Xavier Arnauld de Sartre, pour la confiance qu'il a placée en moi, dès le Master. Ses conseils, son soutien tout au long du travail de thèse, sa rigueur et son exigence intellectuelle, le sérieux de son encadrement, sa patience dans les (nombreuses) relectures du manuscrit, mais aussi la liberté qu'il m'a laissée dans mon travail. Je le remercie également pour nos discussions, qui m'ont permis d'affiner mon regard de géographe.

Je voudrais également remercier les membres de mon comité de suivi de thèse, pour nos échanges qui furent riches et qui ont pu raffiner ma réflexion en construction. Merci encore, Sébastien Chailleux, Pierre Cezac et Olivier Labussière, en espérant pouvoir continuer ces échanges pendant longtemps.

Je souhaite également exprimer ma gratitude à l'ensemble des membres du jury, Christine Bouisset, Michel Deshaies, Marie Forget, Olivier Labussière et Laurence Rocher pour leur temps consacré à la lecture de ce manuscrit et leurs précieux retours.

Ce travail n'aurait pas été possible sans le financement du projet de recherche pluridisciplinaire GÉFISS, qui associe tant des académiques que des industriels. Ils m'ont permis de me consacrer sereinement à l'élaboration de ma thèse. Je voulais également remercier l'ensemble des membres de ce projet, notamment Laurent Jammes, dont les regards croisés et interdisciplinaires sur la question des sciences sociales et du sous-sol ont enrichi ma réflexion.

Je remercie également l'ensemble des acteurs et des actrices de terrain qui ont accepté de me donner de leur temps, et qui ont nourri mes réflexions. Merci d'avoir partagé

votre expérience, d'avoir fait preuve de patience pour m'aider à mieux comprendre une filière et une technologie que je découvrais.

Je souhaite également saluer mes collègues, qui, notamment dans le cadre de discussions informelles, sont à l'origine de réflexions riches et fécondes. S'ils sont trop nombreux pour tous les citer, et de peur d'en oublier, je souhaite néanmoins les saluer : Mharion, Marjolaine, Gaïa, Manon, Anna, Lénaïg, Lolita, Mélanie, Tobias, Flavie, Julianna, Radina, Nelson, Erwan, Joanna, Julien, Antoine, Enzo, Lise, Delphine, Gaëlle, Lionel, Alice, Selin, Romain et tous les autres. Je souhaite également saluer les doctorant·es, jeunes chercheur·es ou chercheur·es confirmé·es, rencontré·es sur les réseaux sociaux, et plus particulièrement Twitter, Mastodon, Discord ou Instagram : merci pour ces échanges, que j'espère poursuivre.

De manière plus générale, je souhaite remercier l'ensemble des membres de mon laboratoire, PASSAGES puis TREE, pour ces échanges, et cette émulation à travers séminaires, journées d'étude, ateliers divers et variés. Je remercie également l'Université de Pau, et mon École doctorale SSH pour leur accompagnement. Je souhaite plus particulièrement remercier le personnel d'appui, tant au sein du laboratoire qu'à la bibliothèque universitaire, véritables chevilles ouvrières de la recherche. J'aimerais également avoir une pensée pour le tissu associatif et militant de l'université, où j'ai pu passer de fabuleux moments avec des camarades tout autant extraordinaires. Continuez à faire vivre l'utopie sur le campus !

Last but not least, je souhaite également être reconnaissant envers mes proches d'avoir toujours été là, et de m'avoir soutenu et encouragé. Je souhaite particulièrement remercier ma maman, qui a toujours su voir en moi mon potentiel, et malgré les difficultés, m'a toujours conseillé, encouragé à donner le meilleur de moi-même. Je souhaite également remercier Viviane d'être à mes côtés et d'illuminer ma vie, tu es mon soutien sans faille.

LISTE DES SIGLES, ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

AFPG : Association française des professionnels de la géothermie. Association représentative des industriels de la filière de la géothermie en France.
<http://www.afpg.asso.fr>.

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. Organisme français gérant les questions énergétiques et environnementales en France.
<https://www.ademe.fr>.

BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières. Service géologique français.
<https://www.brgm.fr>.

DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement. Services déconcentrés des ministères de l'Écologie et de l'Aménagement.

EGS : *Enhanced/engineered geothermal system*. Système géothermique amélioré/développé. Méthodes et techniques utilisées dans la géothermie.

EOST : École-Observatoire des Sciences de la Terre. École d'ingénieurs faisant partie de l'Université de Strasbourg.

HDR : *Hot Dry Rock* ou roches chaudes et sèches. Système utilisé dans la géothermie.

GÉFISS : Gouvernance Élargie des filières d'ingénierie du sous-sol. Programme de recherche pluridisciplinaire en sciences sociales. <https://gefiss.eu>.

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Organisme international synthétisant l'état de l'art concernant les causes et les conséquences des changements globaux. <https://www.ipcc.ch>.

OFEN : Office fédéral de l'Énergie. Organisme suisse gérant les questions énergétiques.

PER : Permis exclusif de recherche. Autorisation délivrée par le ministère de l'Économie à une entreprise, permettant d'assurer l'exclusivité des recherches d'une substance souterraine. Elle ne présume pas une autorisation de travaux ni une concession d'exploitation.

PPE : Programmation pluriannuelle de l'énergie. Document de planification de la politique de transition énergétique française.

PIA : Programme d'Investissement d'Avenir. Programme d'investissement de l'État français dans le domaine de l'enseignement supérieur, la recherche et l'innovation.

STS : *Science and Technology studies* ou Études des sciences et techniques. Courant scientifique étudiant les relations entre techniques et sociétés.

SOMMAIRE

Résumé.....	4
Abstract.....	6
Remerciements.....	8
Liste des sigles, acronymes et abréviations.....	10
Sommaire.....	12
Introduction générale – Le difficile déploiement de la géothermie profonde.....	13
Première partie – Étudier le sous-sol : une approche inspirée de la <i>Political Geology</i>	41
Chapitre 1 – Le sous-sol dans la transition énergétique.....	43
Chapitre 2 – Cadre théorique : politisation du sous-sol et construction sociotechnique des projets industriels.....	75
Chapitre 3 – Cadre méthodologique : une approche qualitative et comparative.....	117
Seconde partie – L’extension des frontières de la géothermie hors des bassins sédimentaires.....	145
Chapitre 4 – Caractérisation de la géothermie et son développement en France et en Suisse.....	147
Chapitre 5 – Présentation des terrains d’étude : une diversité de configurations de géothermie profonde.....	199
Chapitre 6 – L’acceptabilité sociale n’est qu’une partie du problème.....	263
Troisième partie – Quand la politisation se fait par la verticalisation d’un nouvel usage.....	315
Chapitre 7 – À la recherche d’un modèle technico-économique.....	317
Chapitre 8 – Quand la terre tremble : comment les séismes construisent-ils les territoires verticaux ?.....	349
Chapitre 9 – La place du sous-sol dans les institutions publiques : de la démocratie technique locale aux jeux d’acteurs pluriscalaires.....	389
Conclusion générale.....	423
Bibliographie.....	436
Annexe : Liste des personnes interrogées.....	453
Table des matières.....	456
Index des figures.....	461

INTRODUCTION GÉNÉRALE – LE DIFFICILE DÉPLOIEMENT DE LA GÉOTHERMIE PROFONDE

Les dernières décennies ont vu se manifester les changements globaux, parmi lesquels le changement climatique, poussant les sociétés humaines à entamer une transition énergétique orientée vers une décarbonation du système énergétique, à travers la mobilisation de sources d'énergie alternatives (Labussière, Nadaï 2015). Ce phénomène suit plusieurs tendances, dont un réinvestissement du sous-sol à des fins de productions d'énergie décarbonée, incluant la géothermie profonde. Le sous-sol est passé d'un réservoir naturel des énergies fossiles extraites pour fonder les deux révolutions industrielles, à un des milieux que l'on peut (ou pas) mobiliser pour mettre en œuvre une transition, et où la géothermie profonde est présentée comme une solution. Il est alors opéré un changement de relation avec le sous-sol, modifiant les rapports des sociétés avec le milieu souterrain, passant d'un milieu qui refermait les composants à l'origine du changement climatique à une partie de la solution, en permettant de mobiliser des énergies décarbonées. Si la géothermie profonde, fondée sur une « amélioration » technique – nous reviendrons plus loin sur ces termes – porte cette promesse, le développement de cette technologie est complexe, générant à ce jour plus d'échecs industriels que de succès.

Cette thèse se donne pour objectif de comprendre les raisons pour lesquelles le déploiement de la géothermie profonde est si complexe. Comprendre ces échecs passe par une approche multifactorielle permettant d'appréhender au mieux les multiples dimensions (techniques, environnementales, sociales, économiques et politiques) qui se rejoignent pour expliquer ces difficultés (Bertrand 1975). Nous verrons au cours de cette thèse que la *Political Geology*, expression formée à l'image de la *Political Ecology* que nous reprenons à notre compte, permet d'allier ces différentes dimensions dans une démarche générale permettant de rendre intelligible les choix de l'exploitation du mi-

lieu par le truchement de la technique. Cette approche nous permettra de mieux appréhender les relations qu'ont les sociétés humaines avec le sous-sol, en s'intéressant à une construction – incomplète – d'une verticalisation des territoires, en se fondant sur l'exemple de la géothermie profonde. C'est par ce prisme que les difficultés de la géothermie profonde prendront tout leur sens.

1. De l'acceptabilité sociale aux récits des alternatives : une transition écologique remettant en cause un modèle aménagiste

L'acceptabilité sociale est régulièrement mobilisée, notamment par le monde de l'industrie et le monde politique, pour expliquer l'échec du déploiement de ces projets. Néanmoins, ce concept est manié avec plus de précautions par le monde académique, du fait qu'il suscite un certain malaise. Il implique en effet que la concertation avec les publics ne doit pas se terminer par l'acceptation de la technologie, dans ce qui apparaît à bien des égards à une forme d'ingénierie sociale – que les chercheurs ne veulent pas endosser. En outre, l'échec des projets n'est que rarement dû à un défaut d'acceptabilité. De fait, le défaut d'acceptabilité est un point de vue, celui des industriels. Nous verrons au cours de cette thèse, à travers l'analyse de la mise en débat des différents projets, qu'il est plus juste de parler de défaut de politisation d'une technique et de son milieu d'application. En effet les contestations, quand contestation il y a, peuvent être comprises comme la mise en concurrence de plusieurs récits : ainsi, il y a une volonté de mettre en débat des choix technologiques et des futurs choisis pour le territoire, à travers la mobilisation des enjeux globaux.

1.1. L'acceptabilité sociale, une notion régulièrement utilisée par les « praticiens »

La question de l'acceptabilité sociale vient initialement des sciences de gestion, pour qualifier le refus d'adopter une innovation dans une entreprise (Raufflet 2014). Elle a

été élargie au monde de l'aménagement, pour parler des difficultés de faire aboutir un projet d'aménagement, de conservation ou de technologie. Il y a une crainte, de la part des porteurs de projets, de voir une opposition empêchant la concrétisation de projets que ces acteurs considèrent comme intrinsèquement bons. Ces préoccupations, dans le domaine des énergies renouvelables, incluant la géothermie profonde, font suite à plusieurs échecs d'aménagement dans les années 2010 : mise en place de projets d'éoliennes terrestres (Hamman 2022; Nadai et al. 2015; Canel-Depitre 2017; Fournis, Fortin 2015), le captage et stockage de CO₂ (Nadai, Labussiere 2010; Chailleux, Arnaud De Sartre 2021), le gaz de schiste (Chailleux 2019a; 2015), les parcs photovoltaïques (Baggioni, Cacciari 2019), les centrales de méthanisation (Bourdin 2020) ou la mise en place de « zones à défendre » en opposition à certains projets aménagistes, à l'instar de Notre-Dame-Des-Landes ou à Bure (Subra 2017). Les porteurs du projet vont ainsi justifier les échecs à travers un déficit d'« acceptabilité sociale ».

L'acceptabilité sociale peut être définie comme une « mise à l'épreuve » de la légitimité d'un dispositif, à travers une opposition face à un projet (Barbier, Nadaï 2015). Cependant, cette notion est manipulée avec précaution par les chercheurs en sciences sociales (Barbier, Nadaï 2015; Batellier 2016). Du fait de son histoire, elle peut être parfois confondue avec la *social licence to operate* (permis social d'exploitation), c'est-à-dire l'assentiment qu'a un opérateur pour agir avec l'approbation du public, et le processus de concertation et de modifications autour d'un projet. De cette confusion naît la notion d'acceptabilité sociale. Si le fait qu'un projet fasse l'objet d'un débat n'est pas problématique, et est au contraire légitime, l'acceptabilité est cependant souvent vue comme une finalité (Fournis, Fortin 2015). La consultation publique est ainsi conçue, par certains acteurs, comme un processus conduisant à cette acceptabilité, et non pas comme un processus qui pourrait modifier le projet, voire conduire à son rejet. Cette conception peut être discutable dans le cadre d'un modèle démocratique. Ainsi, selon la définition et le cadrage choisis, les attentes vont être différentes : si on considère l'opposi-

tion comme une manifestation d'intérêts égoïstes, d'ignorance ou de manque de confiance envers l'opérateur – s'opposant à un intérêt général –, l'acceptabilité sociale est vue comme une forme d'ingénierie sociale, où sont mobilisés un ensemble d'outils pour modifier l'opinion publique d'une population essentialisée – nonobstant les dynamiques internes et les divergences d'un groupe – vis-à-vis d'un projet (compensation financière, apports d'informations, etc.) (Batellier 2016; 2015). Il y a ainsi un cadrage opposant le social et la technique, avec une orientation portée sur les moyens pour faire accepter un projet – en agissant sur le social –, plutôt que de rendre acceptable le projet – en agissant sur la technique. Cette question de cadrage est, pour nous, importante : en effet, il existe une crainte, légitime, que le chercheur soit instrumentalisé en faveur du porteur du projet, ce qui est éthiquement problématique : ce dernier peut, en adoptant cette posture, faire de l'ingénierie sociale pour faire accepter les projets, oubliant son rôle de compréhension des faits sociaux.

La crainte d'une remise en question des projets est suffisamment préoccupante pour justifier le financement de projets de recherche, dont le projet GÉFISS, dans lequel s'inscrit cette thèse. Ce projet regroupe des laboratoires en sciences sociales¹, des instituts de géosciences², des industriels du sous-sol³, ainsi que l'administration centrale⁴, et cherche à dépasser cette question de l'acceptabilité sociale. Ce projet de recherche, tout comme la thèse dont elle est issue, propose de décentrer notre regard. Étudier les « limites sociales » n'est pas suffisant. Il peut être intéressant, d'une part, de comprendre de ce qui est entendu derrière l'expression « limites sociales », mais aussi, d'autre part, d'étudier la question selon une approche multifactorielle. En considérant le problème non pas via une approche *a priori* par une entrée sociale, et de surcroît en

1 CLLE – université de Toulouse-Jean Jaurès et LP3C – université de Rennes 2), LaRAC – université Grenoble Alpes, UMR Transitions Énergétiques et environnementales – université de Pau et des Pays de l'Adour.

2 BRGM, IFPE, CNRS-INSU, ISTO, GeoRessources.

3 45-8 Energy, Heling, EIFER, Vermillon, TotalEnergies, Terega, Investaq Energie, Pôle Avenia.

4 Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC).

l'opposant à un projet, mais en mobilisant une approche dans laquelle le social est une des multiples composantes d'un système plus large, il est possible d'avoir une compréhension plus globale du déploiement d'une technologie.

1.2. Adopter une autre focale : de la politisation des enjeux aménagistes à la mise en concurrence d'une pluralité de récits de la transition énergétique

La littérature sur l'acceptabilité sociale des énergies renouvelables a montré une évolution dans la conception de cette dernière (Batel 2020). Si les années 1990 étaient marquées par une approche « normative », se centrant sur une opposition entre les riverains et une technologie, les années 2000 adoptent une approche plus critique, cherchant à comprendre l'opposition – notamment en mobilisant une approche socio-psychologique, l'étude des perceptions et en se concentrant sur des notions de justice procédurale et de justice distributive. Les années 2010 marquent un tournant critique, en se centrant sur les relations de pouvoirs, les réponses des personnes et en ayant une approche critique sur des discours des acteurs. L'objectif a ainsi évolué : d'une approche visant à dépasser les oppositions, on est passé à une approche plus compréhensive, qui en vient à se demander s'il est vraiment nécessaire de réduire ou de dépasser ces clivages. Ces évolutions montrent une remise en cause d'une focale orientée sur l'acceptabilité sociale, mettant l'accent sur les pouvoirs et discours des acteurs. Ce changement oriente l'analyse sur l'opposition de différentes visions du monde. En effet, les contestations de projets peuvent être vues comme une remise en question de la légitimité du développement, et la remise en cause d'une forme de récit aménagiste (Fournis, Fortin 2015).

L'approche par les récits permet de mieux comprendre les racines de l'opposition à un projet. Ainsi, pour Yann Fournis et Marie-José Fortin (2015), il est nécessaire de regarder la mise en débat par la société d'objets techniques, plutôt que de chercher l'accepta-

tion des projets. Ce travail sur la pertinence, la légitimité et l'évaluation sont, pour ces deux auteurs canadiens, un processus politique : en effet, les différents projets vont modifier – parfois profondément – les dynamiques territoriales, à travers un chamboulement des rapports de forces entre les individus – à travers les contestations et mobilisations – et en avantageant certains groupes au détriment d'autres. Si certains opposants vont contester spécifiquement un projet d'aménagement, d'autres acteurs vont appuyer leur récit sur la justice sociale et procédurale, ou s'opposer à une conception du monde que véhicule l'aménagement, en s'inscrivant dans une tradition d'écologie politique. Ce courant prend racine dans les années 1960, en proposant un autre rapport au monde, différent envers la modernité et critique envers la technique (Charbonneau, Ellul 2014; Illich 1975).

Ce courant s'appuie sur l'émergence, ces dernières décennies, de changements globaux, apparaissant comme des enjeux majeurs, voire existentiels, pour nos civilisations. Comme le rappelle le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la cause est essentiellement anthropique (Masson-Delmotte et al. 2021). Une des causes de ce changement est notamment l'émission de dioxyde de carbone, issu d'un modèle énergétique fondé sur un usage important d'énergies fossiles. Cette situation a poussé les États, ainsi que divers organismes, à « devoir agir », en remettant plus ou moins fortement en cause leur modèle social, économique, politique. Il est alors apparu un discours prônant la « transition », c'est-à-dire une reconfiguration des pratiques et des représentations, plus ou moins subie, pour préserver ce qui est jugé comme essentiel ou évoluer vers un fonctionnement jugé de plus vertueux (Bouisset, Vaucelle 2020; Deshaies 2020). Parmi ces domaines de reconfiguration, on retrouve en premier chef la question énergétique, entraînant avec elle la réorganisation des sociétés, qui s'étaient configurées au XIX^e siècle et XX^e siècle autour de ressources énergétiques fossiles facilement échangeables (Charbonnier 2020). Néanmoins, ce modèle énergétique est décrié, conduisant à des politiques de transition énergétique, c'est-à-

dire une politique énergétique mêlant politiques de sobriété et de développement d'énergies renouvelables (Labussière, Nadaï 2015, p. 15), afin de proposer un modèle énergétique présenté comme plus durable. Cette situation de transition, et donc d'incertitude du fait d'un basculement d'un modèle vers un autre – restant à définir – est propice à la mise en place de récits concurrents. Il en résulte la conjonction de trois crises qui entrent en interaction (Arnauld De Sartre 2018) : une remise en cause des récits de la modernité, une crise liée aux changements globaux, et une crise constituée de critiques envers les réponses faites aux solutions environnementales proposées, dont une critique affirmant que les réponses apportées par le modernisme (des solutions techno-marchandes) ne pourront pas répondre aux crises environnementales. S'il existe une opposition par les riverains – face à un projet impactant leur environnement immédiat –, et qui est souvent disqualifiée en tant que défense d'intérêts égoïstes (NIMBY, *not in my backyard*), il est tout à fait légitime de considérer ce genre de revendications, qui peuvent monter en généralité (Flanquart 2020). En effet, les contestations et critiques ont changé de registre, passant d'une opposition aux conséquences locales d'un projet, à une critique d'un modèle de développement : cela se traduit par exemple à travers les slogans « *ni ici, ni ailleurs* » ou « *contre X et son monde* ». Cette montée en généralité remet également en question les rapports de pouvoirs entre les différents acteurs et la légitimité d'un récit qui était hégémonique, le modernisme. Luc Boltanski et Laurent Thévenot parlent de « cités » (Boltanski, Thévenot 2008), c'est-à-dire de référentiels différents pour justifier tel ou tel aspect, en usant d'un argumentaire particulier. La montée en puissance des questions écologiques a ainsi fait naître une nouvelle forme de justification (Lafaye, Thévenot 1993), mettant l'accent sur l'environnement comme bien commun.

Cependant, la mise en place de cette transition, et donc les choix énergétiques afférents, fait débat et s'inscrit dans la confrontation de différents récits : quelles sont les modalités de leur mise en application ? Différents organismes étatiques, para-éta-

tiques ou internationaux, ont proposé des exercices de prospectives, en élaborant différents scénarios possibles. À l'échelle internationale, nous pouvons citer par exemple différents rapports du GIEC qui élaborent des scénarios pour contenir le réchauffement climatique à 1,5°C (IPCC et al. 2022), imaginant des stratégies de mitigation (Rogelj et al. 2018) ou l'Agence internationale de l'énergie qui propose des scénarios pour la neutralité carbone (IEA 2021). À l'échelle française, on peut évoquer le rapport « *Transition(s) 2050* » développé par l'ADEME (2021). Ces différents scénarios proposent un travail de prospective, en s'intéressant au modèle énergétique ou de manière plus spécifique à la production électrique. Ils mettent l'accent sur l'approfondissement d'une tendance en cours. Ainsi, dans le cas de l'ADEME, quatre scénarios ont été identifiés. Le premier scénario, « génération frugale », se fonde sur une réduction des consommations d'énergie, à travers un mode de vie plus sobre. Le scénario « coopérations territoriales » met l'accent quant à lui sur le développement d'une gouvernance entre les institutions publiques et les secteurs privé et associatif à l'échelle locale, et s'appuie sur une reterritorialisation des ressources. Le scénario « technologies vertes » s'appuie sur le développement de nouvelles technologies de production d'énergie. Le scénario « pari réparateur » s'appuie sur le captage et le stockage de CO₂ et le recyclage de ressources. Ces différents scénarios soulignent donc différents aspects, et s'inscrivent dans différents récits. Certains donnent une place prédominante à la technique (« technologies vertes » et « pari réparateur »), s'insèrent dans un récit de la modernité écologique, tandis que les scénarios donnant une place au social et au politique s'inscrivent dans un récit socio-écologique. De manière préliminaire et succincte, on peut dire que le récit de la modernité écologique est sous-tendu par dans une croyance dans le progrès scientifique technologique, et que la décarbonation du modèle énergétique passera par le développement de nouvelles filières industrielles, et à travers un modèle de développement venant du haut (un État central), et une transformation par le marché (Béal 2016; Buttel 2000; Boudes 2017). Le récit socio-écologique, quant à lui, se veut

être une critique de la modernité écologique, en proposant un contre modèle. Ce récit s'inscrit dans l'idée que le développement se fera plutôt par une subsidiarité territoriale, et insistant sur la mise en relation d'une pluralité d'acteurs, et en faisant le pari de la sobriété et de technologies dites « *low tech* ». Ce récit exprime critique forte du *techno-optimisme* de la modernité écologique, et une critique de l'approche par la focale économique (notamment à travers l'économie de marché).

Ces concurrences de récits vont influencer les discours justifiant le développement technologique, ou non, des différents projets, en requestionnant l'interaction entre le social et la technique.

2. Extension spatiale et verticale de la géothermie dans un contexte de transition énergétique

Pour comprendre la mise en place de ces récits et leur influence sur le développement des projets, il est nécessaire d'utiliser les outils des sciences sociales. Nous avons plus particulièrement fait le choix de questionner la politisation du sous-sol – c'est-à-dire que ce dernier fait l'objet de débats – par le recours à la *Political Geology*. Si cette politisation est possible, cela est notamment dû à une multitude de récits et de discours justifiant le développement de la géothermie. C'est cette mise en débat, cette justification de la géothermie, avec ses impacts sur les territoires, qui en font un objet politique. En effet, la géothermie profonde est une technologie qui cherche à se déployer, et qui connaît des « améliorations ». Le terme n'est pas de nous, mais est issu de la traduction de l'expression « *enhanced geothermal system* », pour qualifier cette forme de géothermie. Nous reviendrons plus en détail sur ces « améliorations ». Pour l'instant, retenons qu'elles consistent à aller chercher de la chaleur souterraine dans les zones où le sous-sol ne permet pas de le faire avec la géothermie, que nous qualifierons de conventionnelle. Le redéploiement de ces améliorations éprouve cependant des difficultés. En France, l'extension de la géothermie en dehors du Bassin parisien n'est pas réalisée en

dehors d'expériences ponctuelles (notamment la mise en place de démonstrateurs industriels, ou le financement de projets de recherche et développement). En Suisse, après plusieurs échecs, le déploiement de la géothermie profonde améliorée, notamment électrogène et en grande profondeur, a été mis en pause, sans qu'un horizon clair de mise en œuvre ne se dégage.

2.1. L'apport des sciences sociales : le choix de la *Political Geology*

Le sous-sol fait l'objet d'une politisation, du fait que son usage et ses conséquences font l'objet de débats publics. Le sous-sol est un milieu où s'imbriquent différentes dimensions, de sa dimension matérielle, aux savoirs sur ce milieu (géosciences), aux politiques qui y sont menées, et aux populations qui en vivent et vivent dessus. Une première dimension, matérielle, recoupe le milieu géophysique, les savoirs scientifiques s'y référant, les ressources que l'on en tire ou au contraire que l'on y laisse, celles que l'on espère trouver. Il se met en place un appareillage technologique, permettant la captation, la production, la distribution et l'utilisation de ces ressources. Il va alors se développer une seconde dimension, idéale, qui concerne les perceptions et les représentations, ainsi que les politiques que l'on mène sur ces milieux (Calvert 2016; Kinchy, Phadke, Smith 2018). Il existe donc une interaction forte entre le politique et le sous-sol (Arnaud De Sartre, Chailleux 2021). À l'instar des transformations géologiques, le sous-sol subit aussi l'influence des sociétés, en « *transformant, produisant et détruisant la surface de la Terre* » (Bobbette, Donovan 2019, p. 13). Il y a ainsi une politisation du sous-sol, à travers une lecture des processus géologiques sous le prisme du social : l'ambition de la *Political Geology* est ainsi d'embrasser, au sein d'une même approche interdisciplinaire, le problème environnemental – la géologie –, son traitement scientifique, les solutions qui y sont données et la place que les populations occupent par rapport à ce problème.

En miroir à la *Political Ecology*, la *Political Geology* mobilise une approche généralement critique, qui varie selon les différentes communautés épistémiques⁵ (Desvallées, Arnauld De Sartre, Kull 2022). Ainsi, de manière analogue, la *Political Ecology* est à l'écologie ce que l'économie politique est à l'économie, c'est-à-dire une prise en compte du social et des rapports de pouvoirs (Robbins 2012). Nous retrouvons un certain nombre d'instruments critiques communs entre les deux approches. Une critique qui se manifeste notamment à travers le binôme conceptuel du *hatchet and seed*, c'est-à-dire la hache et la graine : toute critique du système doit proposer une solution, la mise en récit permettant de montrer les contradictions inhérentes à un système (Robbins 2012), mais aussi en s'intéressant à la relation dialectique entre l'humain et le non-humain (Callon 2013a). La focale traite des questions de pouvoirs, en interrogeant la production et le contrôle des connaissances. Ces courants s'intéressent à la justice, en cherchant les gagnants et les perdants des structures sociales, et en comprenant mieux les structures persistantes (Gautier, Benjaminsen 2013). Pour expliquer ces processus, l'accent sera mis, entre autres, sur la question des échelles, en regardant notamment les conflits et leurs insertions aux échelles supérieures (Gautier, Benjaminsen 2013), tant verticalement, c'est-à-dire du local au global, qu'horizontalement, c'est-à-dire l'insertion au sein de réseaux (Zimmerer, Bassett 2003), et par l'analyse de *chaînes d'explications* (Robbins 2012).

De son côté, la *Political Geology* met l'accent, comme son nom l'indique, sur les spécificités du sous-sol. Une des caractéristiques de ce milieu est l'incertitude, qui nécessite de faire confiance aux savoirs scientifiques, lacunaires, et aux appareillages techniques, de sorte qu'il n'est pas possible de tout connaître. Cette incertitude se manifeste dans sa dimension spatiale, tant à travers le potentiel des ressources latentes en profondeur, que dans la dimension temporelle, où le temps géologique dépasse le temps des socié-

5 Le courant européen sera plus offensif contre le capitalisme, tandis que le courant nord-américain va plus s'intéresser à des cas particuliers, notamment en dehors de l'Amérique du Nord, et s'intéressant plus à des questions théoriques critiques (Desvallées, Arnauld De Sartre, Kull 2022).

tés. Cette incertitude influence notre imaginaire géopolitique, à travers de nouvelles stratégies politiques et de mobilisations (Bobbette, Donovan 2019, p. 117). Cela induit notamment un confinement des débats de la « géopolitique souterraine » aux arènes restreintes expertes, politiques et publiques, alors qu'il devrait au contraire y avoir un débat plus élargi (Bobbette, Donovan 2019, p. 146). Il existe ainsi un paradoxe : nos sociétés considèrent le sous-sol comme un impensé, alors qu'une grande partie de notre système sociotechnique est fondé sur celui-ci (Bobbette, Donovan 2019, p. 226). En corollaire, la question des connaissances est politique : il y a un enjeu de pouvoir autour des connaissances, motivant les prises de décisions politiques, et la distribution des avantages et des inconvénients. La production même du savoir est construite historiquement depuis le XIX^e siècle, entre les miniers praticiens et les ingénieurs, fondée sur l'accès aux cartes, permettant ainsi à ces derniers de contrôler les processus d'exploitations. Ainsi, les dépositaires de ce savoir et les porte-paroles légitimés du sous-sol se trouvent être les ingénieurs et les scientifiques impliqués dans l'industrie de l'*Oil and gas* (Kinchy, Phadke, Smith 2018).

Ce caractère incertain va évidemment marquer la relation qu'ont les sociétés avec ce milieu. En effet, nous pouvons considérer le sous-sol comme le prolongement de la surface, que l'on pourrait résumer à travers le concept de « territoires verticaux » (Bobbette, Donovan 2019, p. 11), c'est-à-dire le basculement en trois dimensions de la question du contrôle territorial. Les dynamiques de la surface, avec les jeux de pouvoir, les récits qui se mettent en œuvre, les choix technologiques, vont se matérialiser dans le sous-sol, à travers son contrôle et la mise en place de projet. Au contraire, les dynamiques du sous-sol vont avoir des répercussions à la surface – par exemple des séismes – et pour lesquelles les populations vont vouloir mettre en place des politiques de « sécurisation des volumes », tant en surface qu'en profondeur (Bobbette, Donovan 2019, p. 119) afin de se prémunir de ces risques. Il y a ainsi une dialectique entre les milieux

surfacique et souterrain, l'un pouvant être vu comme le prolongement de l'autre, et imposant une analyse selon une approche intégrée.

La *Political Geology* permet ainsi une approche critique de la société et du sous-sol, en questionnant les rapports de pouvoirs, et l'influence des sociétés sur les processus géologiques, ancrant dans le champ des sciences sociales les questions du sous-sol.

2.2. Une extension spatiale de la géothermie conduisant à la verticalisation des territoires

Un élément de la *Political Geology* qui va particulièrement nous intéresser est celui des territoires verticaux, à travers le basculement en trois dimensions des territoires, et la relation qu'entretiennent les sociétés avec le sous-sol. Nous pensons, à travers cette thèse, que la géothermie profonde permet, incidemment, de mettre la lumière sur la construction du sous-sol comme milieu mobilisable pour répondre aux besoins de la surface.

En effet, au cours du ^{xx}e siècle, de nombreuses énergies ont été recherchées en guise de supplétif au pétrole (Marrec 2018), à l'instar de la géothermie profonde. Un premier développement de cette technologie a eu lieu en France dans les années 1970, au sein de la « banlieue rouge », c'est-à-dire la ceinture de communes au Nord et à l'Est de Paris, constituées principalement de grands ensembles, et qui votaient majoritairement communiste depuis les années 1950. Dans un contexte de chocs pétroliers, et donc d'une montée des prix des hydrocarbures, a crû une motivation à développer une énergie locale, collective et peu onéreuse pour alimenter les réseaux de chaleur urbains. Si elle a été abandonnée dans les années 1980, au cours desquelles l'impératif d'économie du pétrole n'était plus aussi urgent, la mobilisation du sous-sol pour produire de la chaleur connaît son grand retour dans les années 2010, mais en s'inscrivant dans un contexte et un discours différents, celui de la « climatisation des politiques publiques » (Aykut, Dahan Dalmedico 2015), et avec des modifications techniques considérables –

au point qu'il est difficile de considérer qu'il s'agit de la même technologie. L'enjeu n'était alors non plus la production de chaleur à une échelle locale, mais une production électrique décarbonée, cherchant à approvisionner le réseau à l'échelle nationale. Cette forme de géothermie, bien qu'elle représente une part relativement faible du mix énergétique français, va bénéficier d'un engouement institutionnel dans son développement. Cela va se marquer par une densification dans ses régions historiques – le Bassin parisien – mais surtout un développement au sein de nouveaux territoires et de nouveaux contextes géologiques, où la technologie était historiquement absente.

En effet, le développement de cette technologie dans le sous-sol va conduire les acteurs à déployer différentes stratégies, afin de pouvoir « contrôler » et exploiter ce volume. La première stratégie, qu'on pourrait qualifier d'« orientée surface », consiste à aller chercher une ressource en sous-sol, afin de répondre à un besoin existant en surface. Différents stratagèmes vont alors être mis en œuvre pour rechercher cette ressource calorifique, en dépit d'un contexte parfois difficile, et en usant de procédés d'innovations techniques. La seconde stratégie est « orientée sous-sol », c'est-à-dire que face à une ressource déjà présente dans le sous-sol, il sera trouvé ou créé un débouché *ad hoc*, pour cette ressource. Mais, au-delà du conditionnement par des exigences du sous-sol, la géothermie est également conditionnée à la surface par les débouchés de sa production. En effet, la production « primaire » de la géothermie est la chaleur. Or cette dernière peut être transformée en électricité, lui permettant de la transporter sur de longues distances. Si on souhaite utiliser telle quelle cette chaleur, elle est conditionnée à un usage local, du fait de déperditions thermiques importantes, rendant impossible le transport de chaleur sur de longues distances. Elle sera alors utilisée au sein de réseaux de chaleur urbains, pour un usage agricole ou industriel. Ainsi, l'utilisation directe de la chaleur est conditionnée par un débouché de proximité. Ces différentes stratégies répondent donc à une volonté d'inscrire la géothermie dans un contexte territorial tridimensionnel, avec un sous-sol fournisseur de ressources et une surface

consommatrice de cette ressource. Cependant, ce travail d'« adaptation » de la géothermie, notamment en creusant plus profondément et dans des contextes faillés, en développant de nouvelles techniques, génère un certain nombre de risques, notamment sismiques. Les politiques et les citoyens vont alors chercher à d'une part comprendre le fonctionnement de la technique, mais aussi à « sécuriser » les volumes, pour préserver la surface de la sismicité induite. Ces différents acteurs vont ainsi prendre conscience d'une nouvelle dimension du territoire, verticale.

Mais pour cela, elle doit connaître un certain nombre de changements par rapport à sa forme initiale, passant d'un contexte de bassins sédimentaires – le Bassin parisien –, à de nouveaux contextes géologiques, nécessitant des adaptations techniques importantes, poussant au développement de nouveaux procédés. La géothermie va ainsi connaître des « améliorations », c'est-à-dire une modification des modalités de production. Ces améliorations sont de deux ordres : d'une part, comme nous l'avons dit, développer la géothermie dans des contextes géologiques nouveaux, en creusant plus profondément et en créant de toutes pièces une circulation des eaux dans le sous-sol, ce qui implique de fracturer ce milieu ; d'autre part, rentabiliser ce système en associant la géothermie à d'autres sources d'énergie. Est ainsi née la volonté de développer une géothermie électrogène, en creusant plus profondément dans le sous-sol, s'inscrivant dans un discours plus large de mix énergétique, avec une électrification du modèle énergétique. Depuis 2019 et la découverte de lithium dans les fluides géothermaux alsaciens, il y a également une volonté de coproduction, justifiée par un discours plus global autour de la nécessité de produire des batteries, notamment pour les véhicules électriques, et de développement d'une filière industrielle *ad hoc*.

Cette extension spatiale se traduit par une adaptation – technique, mais pas seulement – aux contextes locaux, et où la géothermie, par la relation symbiotique entre la surface et le sous-sol, permet d'illustrer une verticalisation par cette technologie. En effet, la production énergétique, et plus particulièrement dans le cas de la géothermie, s'inscrit

dans un milieu, avec ses réalités économiques et écologiques propres, pour générer des conditions matérielles de production singulières, à travers une construction socio-spatio-technique (Labussière, Nadaï 2015, p. 25). C'est d'autant plus vrai pour la géothermie pour laquelle l'implantation des centrales géothermiques est conditionnée par la technique, notamment à travers des conditions géologiques devant présenter des caractéristiques précises pour en permettre la bonne réalisation.

Sous l'effet d'un récit de la transition énergétique, la géothermie connaîtra ainsi une translation spatiale (donc horizontale), en cherchant à se déployer vers de nouveaux territoires. Néanmoins, ce déploiement sera source d'une tension entre un objet technique – la centrale géothermique – et sa spatialisation, son développement étant dépendant de son lieu d'implantation, et influencera de ce fait son utilisation. Néanmoins, si l'extension est spatiale, elle est également verticale – en recherchant plus profondément la chaleur nécessaire à la production électrique –, avec des conséquences concrètes à la surface (séismes, approvisionnement énergétique et en ressources, etc.). Ce double processus de translation spatiale – horizontale et verticale – permet d'appréhender une géographie en volume, en proposant une dialectique entre les milieux surfacique et souterrain. Ce processus s'accompagne d'un exercice de transcodage, se traduisant en mots pour la justifier. De fait, il existe un débat sur la meilleure manière de cadrer la transition énergétique, avec plusieurs récits rentrant en concurrence, sans compter les possibilités d'hybridation. La géothermie s'inscrit au sein de ces récits, mobilisant des argumentaires spécifiques. Ces récits sont d'autant plus nécessaires que cette translation coûte cher et donne lieu à d'importants débats. Or, le récit qui tend à s'imposer, et qui est à l'origine de cette thèse, est un récit de l'acceptabilité sociale : l'échec des projets est imputé à une contestation des habitants. La géothermie permet, à travers son développement, de faire émerger la question du sous-sol au sein des débats publics. Cependant, bien qu'il existe un processus de verticalisation des territoires, celle-ci est incomplète. En effet, si la territorialisation de la géothermie se joue

sur les récits et les représentations, les processus d'institutionnalisation du sous-sol se mettent plus difficilement en œuvre. C'est cela que nous étudierons au sein de cette thèse.

3. Problématique et hypothèses : territorialisation de la géothermie et verticalisation des territoires

Si le développement de la géothermie profonde peut être vu comme une forme de double extension, tant horizontale que verticale, et induit une modification des relations entre la surface et le sous-sol, faisant émerger une prise de conscience de ce dernier, il est nécessaire de proposer un cadre permettant d'appréhender ces questions, et étudiant les interactions entre les dimensions technique, sociale, politique et spatiale.

3.1. Choix d'un cadrage théorique autour d'un triptyque crédibilité de la solution/légitimité territoriale/gouvernance

Le panorama que nous avons brossé montre que la transition énergétique est traversée par plusieurs récits, parfois contradictoires. Ces récits influencent la justification de choix énergétiques et de projets industriels, participant à redéfinir les relations entre les sociétés et leur sous-sol. Ces projets peuvent avoir néanmoins des difficultés à s'implanter. Une des raisons couramment données est un problème d'acceptabilité sociale. Nous proposons d'étudier la question de l'extension d'une technologie, en prenant en compte la question sociale, en dépassant cette question, notamment en l'intégrant dans un ensemble beaucoup plus large, en regardant la construction de ces territoires verticaux, à travers le développement et la territorialisation de la géothermie. Nous souhaitons regarder les interactions entre différents éléments : le spatial, le social, la gouvernance, et la technique, selon le schéma ci-dessous.

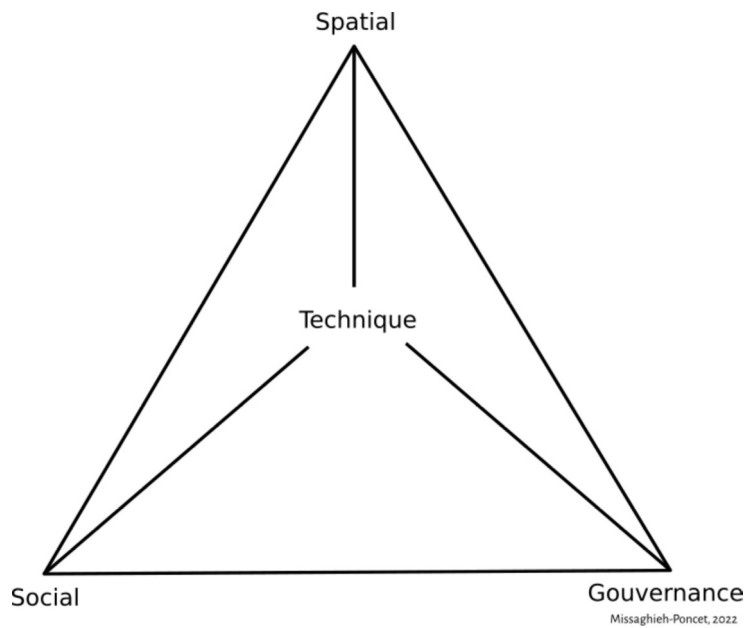


Figure 1: Interactions entre les différentes composantes.

Cette question a déjà été traitée par différents auteurs. La mise en place d'une technologie sur un territoire n'est pas seulement le fruit d'une accumulation de choix techniques, mais est le fruit d'une coévolution d'une réalité sociale (Akrich et al. 2013; Callon 1986). Autrement dit, l'évolution d'une technologie répond tant à des impératifs techniques (faisabilité technique), qu'au contexte social particulier dans lequel elle s'inscrit. La question des relations entre l'espace et la technique, notamment dans le cadre de la transition énergétique en particulier, est une question traitée par la littérature scientifique (Labussiere 2020). À travers l'étude des interactions des différents éléments socio-spatio-techniques, nous souhaitons mieux comprendre la spatialisation de ces technologies.

On retrouve au sein de la géothermie ces différentes dimensions : c'est un objet technique particulièrement complexe, nécessitant une ingénierie importante pour son déploiement, *a fortiori* dans des contextes géologiques nouveaux, conditionnant ainsi la technique à des contextes locaux. De plus, il existe un fort chemin de dépendance, héritage des choix sociotechniques sur le long terme. Par exemple, la prospection pétro-

lière a permis une meilleure connaissance du sous-sol dans certaines régions, ce qui peut influencer l'implantation de projets. C'est également un objet spatialisé, car extrêmement dépendant de la matérialité de son lieu d'implantation, vis-à-vis par exemple de l'accès à la ressource. De plus, on note une dimension pluri-scalaire dans l'implantation de la géothermie, allant de l'échelle ponctuelle (le projet) à l'échelle européenne (projets de recherche, politiques publiques), en passant par les échelles intermédiaires (locale, régionale, nationale). C'est également un objet politique, avec un portage plus ou moins important dans le cadre de politiques de transition énergétique et impliquant une mise en débat de ces dernières. C'est finalement un objet social, à travers l'appropriation de cette technologie par divers acteurs du territoire, tels que les associations, élus, etc. De plus, on retrouve des dynamiques particulières, avec l'apparition de nouveaux acteurs, notamment industriels, pour mettre en place ces projets, ou au contraire la reconversion d'acteurs historiques qui voient en la géothermie un moyen d'internaliser la critique écologique (pétroliers) et de s'ouvrir à de nouveaux marchés (énergéticiens).

Dans ce modèle, nous identifions différents éléments sur lesquels il est nécessaire de porter notre attention :

- Le premier élément est la question de la **technologie**, c'est-à-dire l'appareillage technique mise en place pour exploiter une ressource, ici principalement entendue comme l'énergie calorifique du sous-sol.
- Le second élément est les différents **acteurs** gravitant autour de la technologie. Nous avons, d'une part, *l'entité gestionnaire du projet*, c'est-à-dire l'acteur qui va mettre en place et gérer l'infrastructure d'exploitation. Nous avons également les parties prenantes, c'est-à-dire des personnes physiques ou morales ayant des liens formels ou informels (de manière volontaire ou non) vis-à-vis du gestionnaire (Shankman 1999). Nous avons identifié quatre « sphères », qui, bien

qu'ayant des limites fluctuantes, permettent une première approche de catégorisation. Une première sphère est la *sphère « sociale »*, c'est-à-dire regroupant les groupes sociaux comme les associations ou collectifs, portant un intérêt (opposition ou soutien) à un projet. La *sphère administrative* regroupe l'administration (toutes échelles confondues) sur le territoire du projet. Elle est en charge de fournir des autorisations de recherche et d'exploitation, mettre en place un cadre réglementaire, distribuer des subventions, etc. La *sphère économique* regroupe les différents industriels impliqués, le tissu industriel local ou les réseaux, les investisseurs, etc. La *sphère académique* regroupe les différents acteurs liés au secteur scientifique et à la recherche en général.

- Le troisième élément est la **trajectoire sociotechnique**, c'est-à-dire l'ensemble des choix sociotechniques sur le temps long, conduisant à la mise en place des infrastructures. À l'échelle *nationale*, cela se concrétise notamment à travers la mise en place de politiques (*policy*) de transition énergétique, ou à travers une politique d'encadrement et de soutien industrielle. À l'échelle *territoriale*, cela se matérialise par l'histoire qu'entretiennent les acteurs du territoire avec le sous-sol, sous le prisme d'expériences passées (exploitations antérieures, les incidents qui sont survenus, etc.).
- Finalement, le quatrième élément est l'**espace** en tant que production sociale, car étant le fruit d'imbrication de lieux et de rapports sociaux (Di Méo 1998a; Raffestin 1977). Nous nous attacherons à étudier tant une proximité géographique (*topos*) que relationnelle (*choros*). Cependant, nous dépasserons l'analyse à l'échelle locale du projet, pour penser selon un cadre pluriscalaire (Mathias, Lade, Galaz 2017) : les politiques nationales et locales, la mise en réseau des projets, etc.

C'est cette quatrième dimension qui constitue l'originalité de notre travail, que la géothermie permet de révéler. En effet, les trois premières dimensions sont déjà largement connues et discutées dans la littérature. La quatrième l'est, mais moins systématiquement. La géothermie permet surtout de mettre en évidence le fait que la dimension spatiale est redécouverte par le truchement de la technologie, un peu à la manière des éoliennes décrites par Olivier Labussière, mais de manière assez différente : en effet, c'est une dimension entière du milieu qui est redécouverte, celle qui permet de le redessiner en trois dimensions.

Une fois ce cadre posé, nous voyons qu'il existe une multitude d'acteurs, aux intérêts différents. Ces derniers s'inscrivent à la fois spatialement (à travers la dimension espace) et temporellement (à travers la trajectoire sociotechnique). On peut ainsi voir que les différents projets sont marqués par une dimension territoriale forte. La technique dépend de conditions géologiques précises, trouvables qu'en certains lieux. La distribution des projets de la centrale, et notamment de la chaleur, est conditionnée par la distribution. La dimension sociale est fortement présente, du fait des acteurs qui se trouvent dans un contexte particulier, comme nous venons de le décrire.

Comme nous l'avons développé précédemment, si des projets peuvent faire parfois l'objet de conflits médiatisés ou larvés, nous partons du postulat que le conflit face à un projet ne signifie pas un échec, mais est le fruit de négociations entre différents acteurs, par la constitution d'alliances et d'oppositions. Ces différentes inflexions dans la mise en œuvre du projet sont une tentative pour les différents acteurs d'imposer leur cadrage/définitions sur des éléments clés (Callon 1986). Nous proposons de nous intéresser à un ensemble de paramètres internes et externes au projet. Ces paramètres vont donner lieu à un cadrage, une justification, propre à chaque territoire, correspondant à sa trajectoire socio-spatio-technique, son histoire, ses acteurs. Ces cadrages sont redéfinis par un triptyque, *crédibilité de la solution / légitimité territoriale / gouvernance*, lui donnant une justification propre.

Le **cadrage de la technologie** correspond à l'ensemble des définitions données par chacune des dimensions. Il est influencé notamment par la grille de lecture et le cadre théorique des différents acteurs, leur « vision du monde », s'inscrivant par exemple dans des « cités » décrites par Boltanski et Thévenaud (2008).

La première dimension est la **crédibilité de la solution**, c'est-à-dire le fait qu'une technologie est capable d'assurer les promesses faites. Une sous-dimension, la *maturité technologique* désigne le degré d'avancement d'une technologie. A-t-elle rassemblé les conditions nécessaires pour dépasser le stade de projet pilote et être déployée à l'échelle industrielle ? Si la définition de maturité technologie varie selon les acteurs, elle peut inclure la capacité technique d'exploiter une ressource sans induire des externalités négatives, telle que de la sismicité induite. Une autre sous-dimension est la *viabilité économique*, c'est-à-dire la capacité d'un projet d'être économiquement viable sur le long terme, tant du point de vue des investissements initiaux que dans son exploitation. La troisième sous-dimension est le *potentiel de la ressource*, c'est-à-dire la capacité d'un site à fournir des ressources en quantité suffisante pour permettre au projet de se développer. La définition d'une ressource pourra varier selon les acteurs (parle-t-on de l'eau chaude, de calories, de kWh électrique ou thermique, etc. ?). Selon la définition retenue, la définition de maturité et de viabilité pourra changer : la technologie sera-t-elle capable de capter cette ressource à un coût raisonnable ?

La seconde dimension est la **légitimité territoriale**, c'est-à-dire que le projet obtient le consentement d'un certain nombre d'acteurs, venus du monde des sphères sociales, politiques ou économiques, au sein d'un territoire (Devine-Wright et al. 2017; Wolsink 2018). La légitimité est ainsi la capacité d'un projet à se faire accepter par les différents protagonistes d'un territoire, s'adaptant à un contexte local. Cette légitimité dépend de deux choses : la trajectoire sociotechnique et la légitimité du porteur du projet. La *trajectoire sociotechnique* est composée de l'*héritage sociotechnique*, c'est-à-dire l'héritage historique que possède un territoire dans sa configuration de réseaux d'acteurs et des dé-

cisions passées. Ces héritages peuvent influencer les cadrages actuels, à travers une histoire locale issue d'expérimentations successives en lien avec le sous-sol. Elle est également composée du *futur souhaitable*, c'est-à-dire de l'ensemble des discours portant sur le futur souhaité pour les territoires, et comment la géothermie peut permettre d'y répondre : la géothermie peut répondre à un discours d'énergie renouvelable dans un contexte de crise climatique, ou alors d'autonomie énergétique dans un contexte de dépendance. La *légitimité du porteur du projet* rentre également en compte. Elle compte notamment le *portage* du projet. Ainsi, en Suisse, certains porteurs de projets sont issus de structures publiques ou de capitaux publics (Ejderyan, Ruef, Stauffacher 2020), tandis qu'ils sont portés par des capitaux privés en France. Cette distinction découlerait de l'échelle d'action et de la volonté qui différencierait, avec d'un côté en Suisse, des collectivités locales qui chercheraient à pourvoir aux besoins énergétiques locaux, tandis qu'en France, cela correspondrait à des logiques industrielles sur une échelle nationale. Ainsi, on se demandera si la distinction public/privé est un facteur de légitimation aux yeux des différents acteurs (par exemple un portage privé donnerait des gages de confiance pour un type d'acteur et pas un autre). Au-delà de la distinction public/privé, on se demandera aussi de quel monde technique viendrait le porteur du projet, en faisant une distinction entre les acteurs traditionnels du monde du pétrole et les acteurs du monde des mines. Une autre sous-dimension est la question de savoir si un *acteur est exogène ou endogène ou si le projet est une évolution d'un projet pré-existant*. En effet, on se demandera si la légitimité d'un acteur est plus facilement acquise s'il est déjà présent et implanté sur un territoire, avec des jeux d'alliances et de compromis déjà présent, alors qu'un acteur externe devra créer une réputation et des liens.

La dernière dimension est la **gouvernance**, c'est-à-dire le fait qu'une technologie peut être modifiée ou refusée, afin qu'elle s'adapte au contexte territorial, notamment à travers les institutions qui l'encadrent. On y retrouve ainsi la question du *modèle de gouver-*

nance, avec en particulier la participation, c'est-à-dire quels sont les acteurs qui sont jugés légitimes à participer (qui sont inclus ou exclus des processus de décisions), et la question de la régulation, c'est-à-dire l'arsenal juridique mise en place pour encadrer le développement d'une technologie. On regardera l'échelle de prise de décision, en se demandant si elle a une influence dans le modèle de gouvernance, avec la difficulté de trouver la (ou les) « bonne(s) » échelle(s) jugée(s) comme légitime(s) aux yeux des différents protagonistes. On comparera plus particulièrement le modèle français, centralisé, dans lequel la géothermie est soumise à une autorisation étatique, et le modèle suisse, fédéral, dans lequel l'échelon fédéral fixe les grandes orientations et la gouvernance du sous-sol se fait à l'échelle cantonale.

3.2. Problématiques, hypothèses et plan de la thèse

Prenant acte que la géothermie profonde a des difficultés à se déployer, nous considérons que l'explication par l'acceptabilité sociale n'est pas suffisante en elle-même. Pour nous, la difficulté de territorialisation de la géothermie est multifactorielle – et parmi les facteurs à prendre en compte intervient notamment la nécessaire reconfiguration des territoires autour de la question du sous-sol, reconfiguration qui est difficile tant le milieu sous-sol était devenu inconnu. Il est donc nécessaire de regarder la manière dont les différentes dimensions d'une amélioration technologique peuvent expliquer les difficultés de déploiement et révéler, *in fine*, le défaut de politisation et de territorialisation de la transition énergétique. Ainsi, ces questionnements nous ont fait formuler la problématique suivante :

Dans un contexte de transition énergétique, comment le déploiement d'une nouvelle technologie fait-il émerger un nouveau milieu, le sous-sol ?

Cette problématique cherche ainsi à étudier l'extension spatiale de la géothermie profonde hors de ses régions historiques, le Bassin parisien pour la France métropolitaine, et son développement en Suisse. Il va alors en découler deux hypothèses :

- **Hypothèse 1 : Les conflits autour du modèle technoéconomique révèlent les contradictions internes de la manière dont se fait la transition énergétique aujourd'hui, par le recours à l'innovation technologique. 1.1) l'acceptabilité sociale n'est pas opérante pour expliquer les difficultés de territorialisations, qui peuvent s'expliquer par 1.2) une technologie pas encore stabilisée et 1.3) une méconnaissance du sous-sol, ainsi 1.4) qu'une absence de modèle économique viable.**
- **Hypothèse 2 : Les milieux « surface » et « souterrain » sont mis en relation. La géothermie profonde joue le rôle de vecteur de territorialisation du sous-sol et de géologisation de la surface, par la mise en place de « territoires verticaux ». Cette construction de territoires verticaux va se manifester à travers trois dimensions : 2.1) la dimension physique, à travers la question des ressources et des risques ; 2.2) la dimension idéelle, à travers la construction du sous-sol comme d'un élément identitaire ; 3.3) la dimension politique, où se manifestent des rapports de pouvoirs dans le contrôle du sous-sol.**

À travers l'exemple de la géothermie profonde, nous souhaitons voir comment les conflits autour du modèle technoéconomique révèlent les contradictions internes. Afin de répondre à la problématique et aux hypothèses, la thèse est découpée en trois parties, divisées en trois chapitres chacune.

Dans une première partie, liminaire, nous présenterons le cadre conceptuel et méthodologique adopté. Nous y présenterons le contexte (chapitre 1) dans lequel s'inscrit cette thèse, à travers une analyse de la place du sous-sol et de la géothermie dans les trajectoires de la France et de la Suisse. Dans un second temps, nous aborderons le cadre conceptuel (chapitre 2), la *Political Geology*, pour appréhender la question du sous-sol selon une approche sociale et politique. Nous présentons par la suite le cadre méthodologique suivi (chapitre 3), à travers une approche complémentaire liant entre-

tiens semi-directifs et analyse de la presse. La deuxième partie s'attache à présenter l'extension de la géothermie en dehors de ses régions historiques. Nous présenterons la géothermie profonde et ses acteurs (chapitre 4), et les différents cas d'études (chapitre 5). Les chapitres suivants chercheront à tester les différentes hypothèses.

La première hypothèse propose de regarder s'il est possible de dépasser la simple analyse par le prisme de l'acceptabilité sociale, afin de regarder d'autres facteurs. Pour cela, il est nécessaire de procéder en différentes étapes. 1) La première étape est de regarder si, effectivement, l'acceptabilité sociale est une notion pertinente d'analyse. Puisque que le présupposé est que la mise en place de projets va générer un certain nombre de tensions et de contestations, et qu'une recherche de consensus sera faite par un certain nombre d'acteurs, notamment par les porteurs de projets, nous allons nous pencher sur les contestations, à travers notamment l'argumentation des opposants, mais aussi des moyens de remédiations par les porteurs de projets. Nous regarderons ainsi, au sein du chapitre 6, si les projets sont réellement remis en cause par l'opposition, au point de compromettre leur réalisation, ou si, au contraire, l'opposition aux projets ne remet pas en cause leur existence, ou si elle induit des modifications, et dans quelle mesure. 2) Une fois cet aspect examiné, et le cas échéant, nous nous demanderons, au sein du chapitre 7, si les difficultés ne viendraient pas plutôt des difficultés à répondre aux promesses techniques de la géothermie. Cette difficulté est notamment due au contexte d'incertitude lié à la configuration du sous-sol, et la controverse porte essentiellement sur la question du risque sismique, ainsi que sur la recherche de nouveaux procédés techniques pour permettre l'exploitation du sous-sol, tant pour minimiser les risques que pour maximiser l'extraction des ressources. Au-delà des aspects techniques, nous regarderons 3) si le modèle économique autour de la géothermie est stabilisé. En effet, elle rencontre un certain nombre de difficultés à répondre aux promesses économiques qu'elle fait, et notamment à trouver une viabilité économique. La chaleur seule n'est pas rentable. Du fait d'un fort investissement en

R&D et en capital dans la mise en place des forages, les industriels vont chercher à se diversifier, avec notamment l'électricité et le lithium. La mise en place de ces projets, tant qu'un modèle viable n'est pas trouvé, n'est possible qu'à travers le financement par des agences étatiques. La géothermie est ainsi en phase de développement, avec un modèle technique, économique qui n'est pas encore stabilisé, pouvant expliquer plus aisément ses difficultés de déploiement, et permettant de dépasser une explication d'« acceptabilité sociale » qui serait secondaire.

Une fois expliquée la question des difficultés de déploiement, nous traiterons donc la seconde hypothèse, en nous penchant sur la « territorialisation » de la géothermie, en regardant les conséquences territoriales de ce déploiement. Cela passe notamment à travers la « verticalisation » des territoires, c'est-à-dire la prise en compte de la dimension verticale/sous-sol dans la construction territoriale, qui permet une politisation du sous-sol. Cette politisation passe par une prise en conscience de la nature tridimensionnelle du territoire, et par la prise de conscience de l'existence d'une relation surface/sous-sol : le chapitre 8 cherchera à comprendre ce phénomène. Pour cela, nous allons étudier les trois dimensions du territoire, matériel, idéal et politique, afin de voir comment elles se déclinent dans le cadre d'une verticalisation. La prise de conscience d'un territoire vertical se fait à travers le truchement d'évènements « physiques ». Cela se traduit notamment par l'utilisation de ressources non exportables à la surface (chaleur) et d'un processus de « sécurisation » de la surface de risques souterrains à travers la prise en compte du risque sismique menaçant directement la surface. La prise de conscience d'un territoire vertical se fait également à travers de processus inégaux d'appropriation identitaire des ressources géologiques dans la promotion ou l'opposition aux projets du sous-sol (nappes phréatiques, etc.). Il s'affronte en effet différentes représentations du sous-sol : une vision par nappe, couche, etc. Finalement, et cela est l'objet du chapitre 9, il faut considérer la prise de conscience de la verticalité du territoire par le monde politique (élus, citoyens). Cela aura pour conséquence un déconfi-

nement des questions du sous-sol des sphères techniques et administratives centrales, en opérant un élargissement plus ou moins abouti de la gouvernance vers les sphères de politiques locales et « citoyennes », sans pour autant aboutir à une institutionnalisation totale du sous-sol, avec une difficulté, pour les institutions en place, de se saisir de cette dimension. Il y a une critique d'une confiscation des débats par les « sachants », c'est-à-dire les experts, et les industriels. Ce modèle de technocratisation est critiqué, et l'incertitude autour des projets conduit à une recherche plus ou moins bien réussie de démocratie technique pour comprendre les mécanismes et tenter d'avoir un contrôle démocratique dans le développement des projets. Néanmoins, cet élargissement de la gouvernance oriente la critique essentiellement sur le projet en lui-même ou sur des aspects spécifiques, sans forcément faire une critique plus globale de la politique énergétique ou des raisons justifiant la mise en place de ces projets de géothermie.

**PREMIÈRE PARTIE – ÉTUDIER LE
SOUS-SOL : UNE APPROCHE
INSPIRÉE DE LA *POLITICAL*
*GEOLOGY***

CHAPITRE 1 – LE SOUS-SOL DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Pour mieux comprendre la question du déploiement de la géothermie, il est nécessaire de comprendre le contexte dans lequel elle s'insère, et notamment de l'usage du sous-sol dans la transition énergétique. En effet, le sous-sol a été particulièrement marquant dans le modèle énergétique du XIX^e et XX^e siècle, fondé sur l'exploitation des énergies fossiles. Néanmoins, la transition énergétique reconfigure son usage. Dans ce chapitre, nous proposerons une vue d'ensemble pour comprendre la place qu'occupe le sous-sol dans la transition énergétique.

Pour ce faire, nous commencerons par comparer les choix faits par la France et la Suisse en matière de transition énergétique – qui proposent deux modalités différentes d'intégration du sous-sol. En effet, ces deux pays ont fait des choix de composition du mix énergétique assez radicalement différents : la France a fait le choix du nucléaire, en continuité des politiques des décennies précédentes, tandis que la Suisse cherche à dénucléariser son mix énergétique. Dans une seconde partie, nous essaierons de comprendre la place du sous-sol, et les trajectoires des différents pays en la matière. Si la France possède une histoire ancienne, et des compétences établies, elle n'a pas de plans clairs concernant son utilisation du sous-sol. Au contraire, la Suisse n'exploite que depuis récemment son sous-sol, avec une volonté affirmée de développement de la géothermie. À la lumière de cette histoire, nous questionnerons dans une troisième partie les retards de développement que peut connaître la géothermie en France, alors qu'elle se trouve au sein d'un contexte géologique favorable.

1. La transition énergétique en France et Suisse : deux trajectoires différentes, l'un avec, l'autre sans nucléaire

La France et la Suisse suivent deux modèles différents de transition énergétique. Si la France a fait le choix du nucléaire comme levier de sa transition énergétique – entérinant ainsi les choix faits dans les années 1970 à la suite des chocs pétroliers –, La Suisse a, quant à elle, décidé de ne pas renouveler ses centrales nucléaires depuis la catastrophe de Fukushima.

1.1. France : une décarbonation, avec un poids prépondérant du nucléaire

Si une véritable politique de transition énergétique tarde à se mettre en place en France, des expérimentations ont eu lieu lors du siècle précédent pour explorer la mise en place d'énergies renouvelables. Ainsi, comme expose Anaël Marrec dans sa thèse de doctorat en histoire des sciences (2018), de nombreuses tentatives ont été faites entre la fin du XIX^e siècle et durant le XX^e siècle pour maîtriser les énergies renouvelables. Les motivations étaient diverses selon les différentes époques. Après la Seconde Guerre mondiale, la politique énergétique était marquée par la nationalisation des secteurs de la houille, de l'électricité et du gaz, ainsi que par la création de grandes sociétés publiques pétrolières et par la mise en place du Commissariat à l'énergie atomique, ainsi que par le développement de barrages hydroélectriques (Beltran 2018).

Néanmoins, les chocs pétroliers en 1973 et 1979 ont remis en cause cette diversification des sources d'énergie, et ont contribué à structurer un système centré autour d'une source d'énergie, le nucléaire. En effet, la hausse du prix du baril du pétrole a contraint les politiques publiques à se tourner vers d'autres sources d'énergie. Si le choix du nucléaire a été acté comme seule possibilité pour massifier la production électrique (Marrec 2018, p. 541), les oppositions antinucléaires ont poussé les gouvernements à créer des institutions pour permettre le développement d'énergies renouvelables, comme in-

ternalisation de la critique contre le nucléaire, notamment en réponse aux contestations contre la construction de la centrale Superphénix (en Isère) et d'une centrale à Plogoff (en Finistère) (Beltran 2018). Une myriade de structures a alors vu le jour : Agence des économies d'énergie (1974-1978), Comité géothermie (1974-1982), Délégation aux énergies nouvelles (1974-1978), Commissariat à l'énergie solaire (1979-1981). Ces différentes structures seront regroupées progressivement au sein de l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME) créée en 1982, qui deviendra en 1991 l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) (Marrec 2018, p. 543). Naît alors en France un système à double vitesse. D'un côté, le nucléaire, qui est un choix fort et structurant du pays ; de l'autre, les renouvelables, qui font l'objet d'expérimentations et de portages plus discrets, mais néanmoins présents.

Cette inégale dualité continue de marquer le système énergétique français. En 2007, sous la présidence de Nicolas Sarkozy, a eu lieu une série de rencontres politiques, le « Grenelle de l'Environnement », rassemblant des acteurs publics (État, collectivités territoriales) et privés (partenaires sociaux, ONG). L'objectif était de prendre des décisions sur le long terme sur des thématiques de développement durable, allant des questions de biodiversité à la réduction des gaz à effet de serre⁶. Cette rencontre s'est traduite à travers la *Loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement* (loi Grenelle I) en 2009, et à travers la *loi no 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement* (Grenelle II) en 2010. Ainsi, l'article 2 de la loi de 2009 prévoit que les énergies renouvelables représentent 23 % du mix énergétique d'ici 2020. Ces lois suivent le paradigme du « facteur 4 », c'est-à-dire une division par quatre des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050.

En 2012-2013, sous la présidence de François Hollande, a eu lieu un *Débat national sur la transition énergétique*. De manière analogue au Grenelle de l'Environnement, cette

⁶ VIE-PUBLIQUE.FR. Le Grenelle de l'environnement : quels engagements? Dans : *Vie publique.fr* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 25 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.vie-publique.fr/eclairage/268585-le-grenelle-de-lenvironnement-quels-engagements>

consultation a mobilisé de nombreux acteurs, publics ou de la « société civile ». Plusieurs groupes de travail ont été constitués, notamment le groupe de travail (n° 3) autour des choix d'énergies renouvelables, ainsi que les stratégies de développements industriels afférents⁷. À la suite de ce débat et d'un parcours législatif, est votée en 2015 la *Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte* (LTECV). Cette loi aborde divers aspects, comme la rénovation des bâtiments, la mise en place de transports moins polluants, la promotion de l'économie circulaire, ou le développement des énergies renouvelables. Un nouveau paradigme est suivi, celui de la *neutralité carbone* ou *zéro émission nette*, c'est-à-dire un équilibre entre des émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique et une captation du carbone. Il a par la suite été confirmé en 2015 avec les accords de Paris lors de la COP 21.

Pour permettre ce développement des énergies renouvelables, la loi LTECV met en place deux outils, révisés tous les cinq ans. Le premier outil, la *Stratégie nationale bas-carbone* (SNBC), est un outil de planification, une « feuille de route », qui a pour objectif de « décarboner » l'économie, en planifiant notamment les émissions de gaz à effet de serre. Cette stratégie va mettre en place des « budgets carbone » dans différents secteurs d'activités, c'est-à-dire en indiquant des plafonds d'émissions de gaz à effet de serre à ne pas dépasser dans un laps de temps défini.

Pour arriver à cette fin dans le domaine de l'énergie, une *programmation pluriannuelle de l'énergie* (PPE) est mise en place, qui fixe les actions des pouvoirs publics concernant les priorités d'action de ces derniers dans le domaine de l'énergie, à un horizon de dix ans. Elle se concentrera par exemple sur une politique de réduction de la consommation de

7 TEMIS - BASE DOCUMENTAIRE DU CRDD. *Débat national sur la transition énergétique. Rapports des groupes de travail du Conseil national du débat.* – Temis – Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 25 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.html?id=Temis-0078782>

l'énergie, le logement et la rénovation, le développement d'une « mobilité propre » ou une diversification du mix énergétique⁸.

En 2019 est votée la *loi Énergie et Climat*. Cette loi se présente comme la suite du Grenelle de l'environnement et de la LTECV. Elle cadre une politique publique visant une neutralité carbone d'ici 2050, notamment à travers une réduction d'énergies fossiles (une réduction de 40 % en 2030 par rapport à 2012, et un arrêt des centrales à charbon en 2022), ou la mise en place de 33 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique, ainsi qu'un soutien à la filière hydrogène⁹. Elle crée également un certain nombre d'outils de pilotage, de gouvernance et d'évaluation des politiques publiques. Est ainsi créé le Haut Conseil pour le climat, un organisme consultatif d'évaluation¹⁰. Cette loi est complétée en 2021 par la loi *Climat et résilience*¹¹, afin de prendre en compte une partie des propositions de la *Convention citoyenne pour le climat*. Dans le volet énergétique, elle se concentre essentiellement contre la publicité pour les énergies fossiles, et le fait de lutter contre les « passoires thermiques ». Des dispositions dans le Code minier¹² et dans la PPE sont également modifiées. De manière spécifique, parmi les dispositions dans le Code minier, on va retrouver une clarification dans le contenu du mémoire de

8 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE. Programmmations pluriannuelles de l'énergie (PPE). Dans : *Ministère de la Transition écologique* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 25 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe>

9 VIE-PUBLIQUE.FR. Loi du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat. Dans : *Vie publique.fr* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 25 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.vie-publique.fr/loi/23814-loi-energie-et-climat-du-8-novembre-2019>

10 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE. Loi énergie-climat. Dans : *Ministère de la Transition écologique* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 10 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-energie-climat>

11 Loi « Climat et Résilience » : des avancées et des limites. Dans : *vie-publique.fr* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 18 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.vie-publique.fr/eclairage/281953-loi-climat-et-resilience-des-avancees-et-des-limites>

12 ÉCOLOGIQUE, Ministère de la Transition. Projet de décret pris pour l'application de l'article 65 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets. Dans : *vie-publique.fr* [en ligne]. Ministère de la Transition écologique, 24 février 2022. [Consulté le 18 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.vie-publique.fr/consultations/284032-projet-decret-article-65-loi-climat-reforme-code-minier>. France/2022-02-24 - 2022-03-16

demande d'autorisation d'ouverture de travaux pour les gîtes géothermiques¹³. Dans la PPE, des communautés citoyennes d'énergies renouvelables sont mises en place, impliquant que les citoyens puissent définir les objectifs de production d'énergie¹⁴.

Mix énergétique de la PPE (en TWh)

D'après (Ministère de la transition écologique et solidaire 2020, p. 154-158)

Mix	Énergies	2023	2028 Scénario A	2028 Scénario B
Chaleur	Fossiles (fioul, charbon, gaz naturel)	390	314	290
	Électricité	99	95	88
	Biogaz (dont biogaz injecté)	7	12	18
	Bois	145	157	169
	PAC (aérothermiques et géothermiques)	39	44	52
	Géothermie	3	4	5
	Solaire thermique	2	2	3
	Énergie de récupération	4,4	7,6	9,9
Électricité	Nucléaire	393	382	371
	Charbon	0	0	0
	Fioul	34	32	32
	Hydraulique	62	62	62
	Éolienne terrestre	52	77	81
	Photovoltaïque	24	43	53
	Bioénergies	9	9	10
	Éolienne en mer et énergies renouvelables	9	20	21

Cette succession de lois, dès 2007, marque une volonté de modifier le mix énergétique, en réduisant la part des énergies carbonées, et en développant les énergies renouvelables tout en renforçant la part du nucléaire. Selon la PPE de 2019, ont été choisis le

13 C'est-à-dire un gisement susceptible d'être exploité.

14 Promulgation de la loi Climat & Résilience. Dans : *Ministère de la Transition écologique* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 18 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/promulgation-loi-climat-resilience>

développement de la chaleur renouvelable (biomasse, pompes à chaleurs aérothermiques ou géothermiques, géothermie profonde, solaire thermique, biogaz), l'hydrogène, ainsi qu'une électrification dans certains domaines. La production électrique en énergie renouvelable inclus (dans l'ordre du plus au moins important) l'hydroélectricité, l'éolien terrestre et marin, le photovoltaïque, la biomasse solide, le biogaz/méthanisation et la géothermie.

Néanmoins, dans la production énergétique, l'une des lignes de fracture, ou du moins l'un des sujets faisant débat, est la place du nucléaire. En 2020, cette énergie représente 40 % du mix énergétique (à titre de comparaison, le pétrole représente 28,1 %, le gaz naturel 15,8 %, et les énergies renouvelables 12,9 %) ¹⁵. La question du nucléaire, et de sa place notamment, a été l'un des sujets de la campagne présidentielle 2022. Ainsi, la dépendance au nucléaire fait que cette technologie est préemptive vis-à-vis du débat autour de la décarbonation, impactant le déploiement d'autres énergies renouvelables (Arnauld de Sartre, Missaghieh-Poncet, Desvallées 2022), malgré une volonté politique (en tout cas, telle que décrite dans la PPE) de baisser la part du nucléaire au profit des énergies renouvelables.

1.2. Suisse : vers une sortie du nucléaire ?

La Suisse est, en matière politique, fondée sur le principe de subsidiarité : l'échelle fédérale définit de grandes orientations, mais les lois sont définies à l'échelle cantonale (Linder, Vatter 2001). L'énergie ne fait pas exception. À l'échelle fédérale, la question de l'énergie est gérée par l'*Office fédéral de l'énergie* (OFEN). Cet organisme, à l'aide de la *Commission fédérale pour la recherche énergétique*, publie les « plans directeurs de la recherche énergétique », qui orientent les questions de recherche autour de la transition énergétique.

15 COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE. Chiffres clés de l'énergie édition 2021. Dans : *Chiffres clés de l'énergie – Édition 2021* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 25 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energie-2021/>

La politique énergétique suisse a connu plusieurs réformes : une inscription d'articles régissant les politiques énergétiques dans la Constitution en 1990, la loi sur l'énergie en 1998, et la mise en place de la *Stratégie énergétique 2050*.

Les politiques énergétiques sont évoquées dans les articles 89 à 91 de la Constitution suisse¹⁶. L'article 89 définit la répartition des compétences entre les cantons et la Confédération : « *Dans les limites de leurs compétences respectives, la Confédération et les cantons s'emploient à promouvoir un approvisionnement énergétique suffisant, diversifié, sûr, économiquement optimal et respectueux de l'environnement, ainsi qu'une consommation économe et rationnelle de l'énergie* ». Ainsi, la Confédération fixe les grands principes directeurs : « *La Confédération fixe les principes applicables à l'utilisation des énergies indigènes et des énergies renouvelables et à la consommation économe et rationnelle de l'énergie* ». Les cantons, quant à eux, mettent en place des lois qui leur sont propres, dans le respect de ces principes, en définissant eux-mêmes leur politique et mix énergétique. Il y a cependant une exception : la compétence du nucléaire est déléguée à la Confédération, à travers son article 90.

Cependant, à la suite de l'accident du 11 mars 2011 à Fukushima, le Conseil fédéral a souhaité réviser sa stratégie énergétique, afin de sortir progressivement du nucléaire, notamment après une « initiative populaire » portée par les Verts en 2012¹⁷. En effet, en 2017, cette source d'énergie représente 31,7 % de la production énergétique, complétée à 59,7 % par l'hydraulique et 5,7 % venant des centrales thermiques, 2,7 % du solaire et 0,2 % de l'éolien¹⁸. Après une période de rédaction et d'examen de divers projets de loi, la loi fédérale *Stratégie énergétique 2050* est votée par l'Assemblée fédérale le 30 septembre 2016, puis soumise par référendum en mai 2017. Cette stratégie est structurée

16 FEDLEX. RS 101 – *Constitution fédérale de la Confédération suisse du 18 avril 1999* [en ligne]. 2021. [Consulté le 20 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1999/404/fr>

17 OFEN, Office fédéral de l'énergie. *Stratégie énergétique 2050* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 25 novembre 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politik/energiestrategie-2050.html>

autour de trois axes : améliorer l'efficacité énergétique, développer les énergies renouvelables, et sortir du nucléaire. Cette sortie du nucléaire passe notamment par la non-construction de nouvelles centrales. Concernant le développement des énergies renouvelables, les sources d'approvisionnements sont le solaire, l'éolien, la biomasse et la géothermie. Plusieurs mesures, notamment financières, sont appliquées : un système de « rétribution de l'injection », mis en œuvre en 2009 sous une forme de subvention aux énergies précitées. Néanmoins, cette aide s'arrête fin 2022. Il existe également des aides à l'investissement dans certains projets, des « contributions d'investissement » couvrant jusqu'à 30 % des coûts d'investissements. Enfin, un programme d'aide pour les projets pilotes et de démonstrations est développé.

En plus de modifier la loi sur l'énergie, la *Stratégie énergétique 2050* devait également modifier la *loi sur le CO₂* pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Cependant, en 2021, la *loi révisée sur le CO₂* a été rejetée par référendum. Faisant suite à une loi précédente datant de 2012, cette loi planifiait la réduction des rejets de CO₂. La réforme devait prévoir un « objectif climatique » jusqu'en 2030, prenant le relai de la loi précédente s'arrêtant en début d'année 2022.

1.3. Des promesses aux réalisations : une difficulté de territorialisation des projets énergétiques

Ce panorama des trajectoires de transition énergétique entre les deux pays est particulièrement éclairant. En effet, en définissant un certain nombre d'objectifs, ces projets font des promesses – l'écart entre les promesses et les réalisations est alors particulièrement intéressant à étudier. En effet, le problème de la réalisation des promesses est multiple, et est le fruit d'un ensemble de difficultés de déploiements des filières. Parmi

18 OFFICE FÉDÉRAL DE L'ÉNERGIE. *Statistique suisse de l'électricité 2018* [en ligne]. 2018. Disponible à l'adresse : <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/elektrizitaetsstatistik.exturl.html/aHRocHM6Ly9wdWJkYisiZmUuYWWRtaW4uY2gvZnIvcHVibGljYX/Rpb24vZG93bmxvYWQvOTcoOA==.html>

ces difficultés, on peut retrouver des difficultés techniques, inhérentes au développement technologique. On peut également retrouver des difficultés d'acceptabilité sociale des projets, qui vont plus particulièrement nous intéresser. Si la question d'acceptabilité sociale touche les projets d'aménagements, elle touche plus particulièrement les projets d'énergies renouvelables – qui donnent souvent lieu à des conflits locaux (Fortin, Fournis 2014). Marie-José Fortin et Yann Fournis, auteurs québécois, prennent l'exemple de la mise en place d'un parc éolien, justifié au nom du développement régional. Ce projet a été décrié localement, du fait d'une remise en cause des stratégies d'aménagement et des orientations voulues localement pour le territoire (invoquant l'activité touristique notamment). On retrouve également cette problématique en France (Canel-Depitre 2017), où un projet de parc éolien en Haute-Saintonge (Charente) n'avait pas été discuté en amont avec les populations, ce qui aurait pu permettre de définir une vision et un projet de territoire consensuels. On retrouve cette question concernant d'autres sources d'énergie. Par exemple, la méthanisation fait également l'objet de contestation (Bourdin 2020). Celles-ci sont surtout marquées par le sentiment d'injustice dans la réception des externalités négatives des projets. On est ainsi dans un contexte de justice distributive, c'est-à-dire de répartition des coûts, risques et bénéfices des différents projets.

De ce fait, on peut voir que, malgré une volonté de développer les énergies renouvelables, il y a une réelle difficulté à les implanter territorialement, du fait d'une opposition réelle et supposée. Il peut être ainsi intéressant, pertinent et nécessaire de comparer les promesses et leurs réalisations. En effet, cela nous permettrait ainsi de montrer que certaines promesses peuvent être difficiles à réaliser.



La France et la Suisse sont ainsi toutes deux engagées dans la transition énergétique au cours de la décennie 2010. Dans un premier temps, il s'agissait de diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre, puis d'arriver à une neutralité carbone. Néanmoins, des choix différents ont été faits. La France a fait le choix de conserver le nucléaire, tout en augmentant la part d'énergies renouvelables. La Suisse, quant à elle, a fait le choix de sortir du nucléaire et d'augmenter la part du renouvelable ; ce qui, en matière de mobilisation, a des conséquences différentes entre les deux pays. Cependant, il peut être intéressant de comparer les promesses, portées par les lois de planification, et leur réalisation, pouvant être contraintes par des oppositions locales.

2. La place ambiguë du sous-sol

Dans la partie précédente, nous avons vu que les différents pays se sont engagés pour la transition énergétique. Dans ce cadre, différentes ressources sont mobilisées : optimisation de l'existant et production d'énergie à partir de ressources renouvelables. Le sous-sol est appelé à jouer un rôle pour la production de renouvelables.

2.1. Le sous-sol dans la transition : de problème à solution ?

Le sous-sol tient une place particulière dans la question énergétique. En effet, dans le modèle conventionnel, il tient une place prépondérante, notamment du fait qu'il est le lieu d'extraction des hydrocarbures et du charbon. À titre illustratif, selon l'Agence internationale de l'énergie, en 2019, le mix énergétique était réparti de la manière suivante : pétrole 30,9 %, charbon 26,8 %, gaz naturel 23,2 %, le reste étant réparti entre les biocarburants et déchets (9,4 %), le nucléaire (5 %) et l'hydraulique (2,5 %)¹⁹. Ainsi, les énergies fossiles représentent 80,90 % du mix énergétique total à l'échelle mondiale.

¹⁹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Key world energy statistics 2021* [en ligne]. 2021. [Consulté le 26 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021>

Or, ces énergies sont fortement émettrices en gaz à effet de serre et sont contestées à ce propos.

Au-delà des impacts climatiques, la question de l'extraction des hydrocarbures, et de manière plus générale, des ressources du sous-sol, pose également problème, et est également contestée, du fait de ses conséquences sociales et environnementales. Il y a ainsi une critique importante du modèle extractiviste, c'est-à-dire un modèle économique fondé sur le « *prélèvement de grandes quantités de ressources naturelles, notamment à des fins d'exportations* », sans un renouvellement de la ressource (Dunlap, Jakobsen 2020, p. 5). On retrouve des effets analogues dans d'autres types d'extractions, notamment minières. Ce système génère des destructions du milieu naturel, ainsi que d'importantes inégalités, à travers à un appauvrissement des populations, et un enrichissement de l'exploitant (Ye et al. 2020).

Le sous-sol est souvent présenté comme un problème, du fait des impacts directs ou indirects que génère son exploitation. Néanmoins, la transition énergétique mobilise d'une manière différente le sous-sol, le présentant parfois comme une solution, à travers le développement de nouvelles filières. En effet, on observe en Europe une réutilisation du sous-sol, après un abandon temporaire de son usage – par exemple l'exploitation charbonnière, déclinant brutalement dans les années 1960, après un âge d'or dans les années 1950 (Deshaies 2019) ou l'exploitation minière connaissant son apogée en France dans les années 1960-1970 (Gunzburger et al. 2022) –, reléguant son exploitation des ressources fossiles aux marges (notamment au Moyen-Orient ou en Amérique du Sud) (Arnauld De Sartre, Chailleux 2021). En effet, le pétrole a progressivement été accusé d'être responsable du changement climatique, notamment en démontrant l'origine anthropique du réchauffement climatique à travers la diffusion des gaz à effet de serre, notamment dû à sa combustion produisant du CO₂²⁰.

20 Voir à ce propos la thèse de Lolita Troilo, à l'université de Pau et des Pays de l'Adour, en cours de rédaction au moment où cette thèse est elle aussi en train d'être rédigée.

Cette réutilisation du sous-sol peut prendre différentes formes. Le sous-sol peut être mobilisé dans le cadre de stockage, notamment dans le cadre de déchets, en particulier radioactifs (Blanck 2021), malgré des controverses intenses. Le sous-sol est également mobilisé dans le cadre de la capture et le stockage géologique de CO₂, qui est vu comme un des leviers dans la neutralité carbone. Il peut également se manifester dans le développement du mix énergétique, comme dans le stockage de gaz, comme l'hydrogène, ou de gaz naturel. Ce dernier est stocké dans des aquifères, des réservoirs déplétés et des cavités salines pour réguler l'approvisionnement, et le prix. Le sous-sol peut être également mobilisé pour rechercher des ressources nécessaires pour la transition énergétique, telles que l'hélium ou le lithium (Forget, Bos 2022) et plus largement les matériaux dits rares. Ces usages peuvent être regroupés en trois filières : l'exploitation minière, à travers l'extraction de matériaux pour les transitions, le stockage géologique, et la géothermie.

Concernant l'exploitation minière, cela se manifeste notamment à travers la mobilisation de matériaux utilisés dans le cadre des transitions énergétiques. Dans un rapport conjoint, l'Académie des sciences et l'Académie des technologies²¹ identifient un certain nombre de ressources dites « stratégiques » du sous-sol, notamment des métaux et des minéraux. Ces besoins peuvent se diviser en deux catégories : la première concerne le stockage d'énergie, à travers la fabrication des batteries (lithium, cobalt, manganèse, phosphore, nickel, titane). La deuxième catégorie concerne la production énergétique, notamment des métaux rares qui rentrent dans la fabrication des éoliennes (néodyme, dysprosium) ou des panneaux photovoltaïques (cadmium, indium, gallium, sélénium, tellure, etc.). Certaines de ces ressources sont potentiellement pré-

21 DE MARSILY, Ghislain, TARDIEU, Bernard, ACADEMIE DES SCIENCES, et ACADEMIE DES TECHNOLOGIES. *Stratégie d'utilisation des ressources du sous-sol pour la transition énergétique française - Les métaux rares* [en ligne]. mai 2018. [Consulté le 25 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.brgm.fr/sites/default/files/documents/2021-01/actualite-transition-energetique-utilisation-sous-sol-rapport.pdf>

sentes en France, notamment dans le Massif central et le Massif armoricain. En dehors de la France métropolitaine, des ressources minières existent, comme le nickel, le chrome et le cobalt en Nouvelle-Calédonie, ou l'or en Guyane.

Le stockage géologique de CO₂ s'inscrit au sein de la géo-ingénierie, en soustrayant de l'atmosphère le dioxyde de carbone, pour ensuite le stocker dans le sous-sol. Généralement, le captage se fait sur les cheminées d'usines. Cette technologie est présentée comme une solution aux enjeux climatiques dans les années 2000, bien qu'elle soit encore à l'état de pilote, et sa justification se construisant en parallèle de son développement technique (Chailleux, Arnauld De Sartre 2021).

Concernant le stockage de gaz, ce sont des procédés relativement anciens. Ainsi, les énergéticiens ont l'habitude de stocker du gaz, par exemple au sein des cavités salines, afin de pouvoir moduler les pics de demande et éviter les pénuries. La nouveauté cependant, ce sont les usages qui apparaissent²². À titre d'exemple, le stockage d'hydrogène, bien qu'ancien pour son utilisation dans l'industrie de la chimie, est à nouveau mobilisé dans le cadre de la transition énergétique. En effet, l'hydrogène est un vecteur énergétique. En transformant l'électricité en hydrogène, il est possible de stocker de l'énergie électrique produite par les énergies intermittentes (éolien et solaire), pour ensuite la reconvertir en électricité. L'hydrogène peut être également utilisé dans de nouveaux usages, en utilisation directe (décarbonation de l'industrie, chauffage, transports, etc.).

Finalement, dans le cas de la géothermie profonde, les procédés sont également anciens, avec la mise en place, en France, de premières centrales dans les années 1970. Cette technologie va chercher de la chaleur dans le sous-sol. Selon les températures, cette chaleur est soit utilisée directement, pour un usage industriel ou dans le cadre de

22 ANCRE. *Le stockage souterrain d'hydrogène, un enjeu clé pour une filière de l'hydrogène en France* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 25 mai 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.allianceenergie.fr/wp-content/uploads/2019/12/ANCRE_Position-paper_Stockage-H2.pdf

réseaux de chaleur urbains, soit transformée en électricité. De plus, de récentes découvertes de lithium dans les fluides géothermaux en Alsace génèrent un certain enthousiasme dans le monde industriel, qui souhaite exploiter « sans mines » ce minerai – au travers du filtrage des fluides géothermaux.

Mais, bien que fortement mobilisé dans le cadre de la transition énergétique, le sous-sol reste largement impensé. Ainsi, s’il y a eu un retour de l’exploitation minière en France métropolitaine, à travers un « nouveau minier » (Chailleux, Le Berre, Gunzburger 2022), portant la promesse d’une « mine responsable » (Laurent, Merlin 2021), ce nouveau a été confidentiel, limité et n’a pas donné lieu à une reprise de l’exploitation minière. En effet, le « nouveau minier » se fait essentiellement à travers une « ingénierie de la promesse », promue par des entreprises juniors de prospection minière, c’est-à-dire à travers une anticipation des réalisations futures (Laurent, Merlin 2021). L’impensabilité du sous-sol peut également se manifester à travers une non-émergence de débat, comme cela peut être le cas avec le stockage géologique de CO₂ (Chailleux, Arnauld De Sartre 2021). En effet cette technologie souffre d’un déficit dans son portage industriel et politique, sans pourtant générer un débat public (Mercier, Chailleux, Arnauld de Sartre 2021).

De ce fait, si dans les décennies précédentes, le sous-sol a progressivement été perçu comme un réservoir d’énergies problématique pour le climat, du fait de l’extraction d’hydrocarbures et de ressources fossiles à l’origine des changements globaux, il n’a pas encore retrouvé le statut de solution pour le changement climatique tant la politisation de ce milieu reste déficiente – en dépit de potentiels usages nouveaux. Le retour du sous-sol est pour l’instant discret, avec une relative absence de mise en débat de la place du sous-sol dans la transition énergétique.

2.2. Les filières du sous-sol : existantes en France, mais absentes en Suisse

Le sous-sol est remobilisé dans le cadre de la transition énergétique, comme nous avons pu le voir dans la partie précédente. Néanmoins, cette mobilisation du sous-sol dépend des choix passés, d'un héritage lié à la mise en place de filières d'exploitation du sous-sol à des fins énergétiques. Ces choix historiques vont ainsi contraindre les choix présents, à travers la mise en place d'un chemin de dépendance (Palier 2010), contraignant, ou du moins influençant, les choix actuels en matière d'utilisation du sous-sol. Dans notre comparaison entre la France et la Suisse, nous constatons une différence, avec une filière structurée du sous-sol en France, et une absence de filière en Suisse.

En France, le rôle de l'État a évolué dans la structuration des filières du sous-sol (Mercier, Chailleux, Arnauld de Sartre 2021) : ainsi, la recherche des hydrocarbures, ainsi que la structuration de la filière pétrolière, était conduite par l'Institut français du pétrole (IFP, créé en 1919), tandis que le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM, créé en 1959) s'occupait de l'exploration et l'exploitation minière. L'histoire de la place du pétrole est éclairante pour saisir la place de l'État dans la gestion du sous-sol en France métropolitaine. Mme Mercier identifie, dans son entretien, trois phases.

Après la Seconde Guerre mondiale, l'État investit dans la recherche, et devient actionnaire de plusieurs entreprises pétrolières, dont Elf Aquitaine, qui après de multiples évolutions (que nous ne détaillerons pas ici) deviendra TotalÉnergies. Ainsi, si la production en hydrocarbure était relativement anecdotique (15 % de la consommation pour le gaz, 5 % pour le pétrole), la filière française des hydrocarbures s'est développée notamment du fait qu'elle a acquis des compétences importantes par des conditions techniques difficiles et complexes, avec par exemple les bassins sédimentaires. Cette complexité a permis des innovations technologiques ou des développements d'études géologiques de pré-forages.

Néanmoins, dans les années 1990, le rôle de l'État change progressivement. En effet, le déclin de la production pousse à relancer l'activité, et à changer d'acteurs. Les grandes compagnies exploitantes, comme Elf, Shell, Total ou Exxon voient que les gisements ne sont pas assez rentables économiquement et vont céder leurs actifs. Le développement de nouvelles technologies rend moins onéreuse l'exploitation, comme les drains horizontaux ou à travers le perfectionnement d'outils de mesures. Cela a permis une reprise des puits par des sociétés de plus petite taille, qui peuvent exploiter ces gisements à moindre coût. Les multinationales, elles, vont se tourner vers des champs de pétrole bien plus lucratifs, réinvestissant leur savoir-faire (parfois acquis en France, comme le cas de Elf pour les drains horizontaux) sous d'autres horizons, éloignant de ce fait l'exploitation du sous-sol de la métropole.

La troisième phase est une phase de crise, elle commence à partir de 2007, quand l'exploitation pétrolière commence à faire l'objet de controverses nationales, notamment en réaction aux hydrocarbures non conventionnels (gaz de schiste) et à la fracturation hydraulique, qui a été suspendue. Finalement, la loi Hulot concernant la fin de l'exploitation des hydrocarbures d'ici 2040 remet en cause la filière pétrolière.

La question du gaz de schiste est particulièrement éclairante sur la relation entre les politiques publiques et la place du sous-sol. Sébastien Chailleux et Phillipe Zittoun reviennent sur cette controverse dans un ouvrage (2021). La controverse a été, de manière étonnante, fulgurante. En effet, elle n'a duré que trois mois entre les premiers articles de médiatisation, et l'adoption d'une loi interdisant l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste (loi n° 2011-835 du 13 juillet 2011). Ainsi, à partir de cet étonnement initial, les deux auteurs cherchent à comprendre les processus décisionnels qui ont conduit à un changement de politique publique, passant d'un soutien à une technologie à son interdiction. Le contexte est celui d'une décroissance de la production des hydrocarbures, avec notamment la fermeture prochaine (en 2013) du puits de Lacq. Ainsi, la hausse des demandes des permis exclusifs de recherche est perçue comme un regain

d'intérêt pour le sous-sol français (Zittoun, Chailleux 2021). Si, dans un premier temps la technologie est relativement discrète médiatiquement, elle fait l'objet d'une médiation relativement importante en décembre 2010, notamment sous l'angle d'un problème environnemental, conduisant à une prise en compte du problème par le gouvernement, qui décide ainsi de trouver une solution provisoire en suspendant les permis en attendant un rapport d'expertise. La décision, à travers tout un processus de discussions en huis clos, montre les processus de délibération entre les différents acteurs, et notamment les différends entre les services ministériels. On peut se questionner sur les conséquences de cette controverse autour du gaz de schiste, et notamment sur l'invisibilisation par la suite de la question du sous-sol par les politiques, par crainte d'une controverse analogue.

Cette histoire du pétrole est, toujours selon C. Mercier, symptomatique de celle du sous-sol dans la politique. Les autres filières sont pareillement concernées. Ainsi, une des difficultés de structuration de la filière de stockage géologique de CO₂ (CSC, pour capture et stockage de CO₂) tient à l'absence du sous-sol dans l'agenda politique national. Le CSC est une technologie relativement ancienne (O'Neill, Nadaï 2012) qui n'arrive pas à se déployer. L'histoire de la technologie est liée aux politiques scientifiques et environnementales européennes et internationales. Entre 1970 et 1996, cette technologie, alors au stade de concept scientifique, était vue comme une solution de géo-ingénierie pour éliminer dans les océans ou à travers le stockage géologique le CO₂. Elle connaît un regain d'intérêt dans les années 1990, légitimée auprès des instances internationales, telles que la conférence de Rio en 1992 ou celle de Kyoto en 1997. Entre 1992 et 2002 démarre une série d'expérimentation pour démontrer la faisabilité, comme à Sleipner en Norvège en 1996, ou à Hawaï en 1997-2001, qui politise la technologie, et où les associations environnementalistes questionnent le bien-fondé de cette solution. En 2002, le GIEC signale l'importance de cette technologie dans la mitigation du changement climatique, en l'envisageant en 2005 comme une des solutions possibles. En

France, est créée en 2002 une association promotrice de la technologie, « Club CO₂ », à l'initiative de l'ADEME, du BRGM et de l'IFPEN et regroupant des acteurs industriels (énergéticiens, cimentiers, pétroliers, etc.) et des acteurs scientifiques (CNRS, BRGM, IFPEN, etc.). Dans les années qui suivent, des programmes européens se mettent en place pour développer des démonstrateurs de la technologie. Par exemple, en France, le projet pilote de captage et d'injection à Chappelle-de-Rousse (Pyrénées-Atlantiques) fut expérimenté entre 2012 et 2016, ou à Ketzin, dans le Brandebourg, en Allemagne. Néanmoins, si de nombreux démonstrateurs ont été mis en place, peu ont été des succès, à l'exception de Sleipner (Chailleux, Arnauld De Sartre 2021). Par exemple, le projet Ulcos, porté par ArcelorMittal dans les hauts fourneaux de Florange, est abandonné en 2012. Les propositions de CSC reculent également durant la période 2012-2015, pour des raisons économiques, avec notamment une difficulté pour les industriels à se structurer en filière. Cependant, cette technologie connaît un regain d'intérêt à la suite de l'Accord de Paris en 2015, avec la mise en place de la « neutralité carbone », impliquant un stockage du CO₂ émis. Ainsi, il est présenté le BECCS, c'est-à-dire le *bioenergy carbon capture and storage*, cherchant à séquestrer le carbone émis par la combustion de biogaz pour produire de l'électricité (Chailleux, Arnauld De Sartre 2021).

Une autre filière du sous-sol est historiquement mobilisée en France, celle de l'extraction minière. L'histoire minière de la France est ancienne et concerne diverses substances du sous-sol (Besson, Pascal 2019). Ainsi, les premières traces d'extractions retrouvées datent de la période gallo-romaine, se poursuivent au Moyen Âge et à la Renaissance. Les premières explorations du charbon datent du XVIII^e siècle, à Saint-Étienne, et dans le nord de la France. Après la Seconde Guerre mondiale, les différents bassins charbonniers (notamment en Lorraine, Dauphiné et dans le Massif central) furent nationalisés. Si l'industrie charbonnière est actuellement arrêtée en France (Deshaies 2019), il existe néanmoins une exploitation de minerais. Le fer est également historiquement exploité (Lorraine et Pyrénées) jusqu'aux années 1980, permettant une

activité sidérurgique en Lorraine, afin de fabriquer la fonte et de l'acier. Cependant, actuellement et en France métropolitaine, seulement quelques substances sont exploitées : le sel, la bauxite, les calcaires bitumeux, l'étain-tantale, le niobium et la fluorine (Nicolas Charles et al. 2017). Le sel minier fait l'objet d'une exploitation, notamment pour un usage alimentaire, industriel ou agricole. La bauxite est utilisée dans la fabrication du ciment. Différentes substances sont recherchées : antimoine, tungstène, or, plomb-zinc-cuivre, étain-tantale, niobium. Une vingtaine de matériaux, nécessaires dans la transition énergétique, sont identifiés au sein de la base de données « Gisements France »^{23,24}. Selon le site du BRGM MineralInfo²⁵, qui recense les différentes ressources minérales non énergétiques, les différents potentiels se trouvent principalement dans les Pyrénées, le Massif central et en Bretagne.

Cette histoire du sous-sol se retrouve également avec la géothermie profonde, que l'on approfondira au chapitre 4. Notons simplement que cette filière s'est développée dans les années 1980, principalement dans le Bassin parisien, avant de connaître un regain d'intérêt depuis les années 2010.

L'histoire de l'exploitation du sous-sol en France est celle du développement d'une entreprise centrale dans le secteur, Elf, qui développa ses compétences avant de se tourner vers l'exploitation à l'étranger. En France, elle sera remplacée par des entreprises plus petites et moins visibles, participant à la marginalisation de l'exploitation du pétrole. Devenu économiquement et énergétiquement marginal en métropole, le pétrole

23 GOURCEROL, Blandine, GUTIERREZ, Thomas, POCHON, Anthony, PICAULT, Maxime, GLOAGUEN, Eric et FOURNIER, Eric. Évolution Base de données « Gisements France » : Atlas des substances critiques et stratégiques [en ligne]. 2021. Disponible à l'adresse : <http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-71133-FR>

24 Ces substances « critiques et stratégiques » sont : le tungstène, l'antimoine, le zirconium, le cobalt, le hafnium, le vanadium, le niobium, le chrome, le lithium, le béryllium, le cuivre, l'étain, le tellure, le scandium, le molybdène, le titane, l'indium, le sélénium, le tantale, le nickel, le germanium, le gallium, l'argent et l'or.

25 Accueil | MineralInfo [en ligne].[Consulté le 30 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.mineralinfo.fr/fr>.

fait l'objet d'un désintérêt politique, qui se retrouve dans les autres filières du sous-sol, expliquant ainsi que ce milieu ne soit plus traité aujourd'hui politiquement.

À l'inverse de la France, la Suisse n'a connu quasiment aucune exploitation de son sous-sol. Il est ainsi difficile de parler de ce qui n'existe pas. Néanmoins, on peut évoquer quelques éléments permettant de comprendre les conséquences de cette absence de filières du sous-sol. Si ce pays peut compter sur de nombreux acteurs académiques concernant le sous-sol, tel que le Service sismologique suisse, qui dépend de l'université de Zurich, ou peut compter sur des géologues ou des géophysiciens, il n'y a pas de filières industrielles du sous-sol. Cela peut s'expliquer par le fait que le pays n'a pas connu une exploration minière, gazière ou pétrolière qui aurait pu faire émerger des entreprises industrielles allant dans ce sens. Il s'y observe de ce fait un manque de compétences, obligeant, quand la Suisse décide de se tourner vers la géothermie, à aller chercher des compétences étrangères. Ainsi, l'émergence de sociétés de géothermie se fait à travers un regroupement d'énergéticiens, étrangers au monde du sous-sol, qui vont aller chercher des compétences en externe. Dans le cadre de la géothermie, le portage se fait grâce à la mise en place de consortium d'acteurs, à travers un partenariat public-privé. Par exemple, les projets de géothermie genevois sont portés par les services industriels de la ville. Cette filière s'organise, notamment à travers l'association Géothermie-Suisse, pour promouvoir le développement de la technologie.

La trajectoire sociotechnique du sous-sol est différente entre la France et la Suisse. Ainsi, la France a connu une histoire avec le sous-sol. Même si cette exploitation, avec le pétrole notamment, était quantitativement limitée, les contraintes spécifiques du sous-sol ont fait émerger un savoir-faire important. Malgré le développement et la structuration de filières, la place du sous-sol reste relativement marginale, et n'est pas stratégique dans les choix énergétiques. Nous pouvons nous demander si cette situation ne révèle pas le sous-sol comme impensé. La Suisse, au contraire, n'a pas connu une histoire industrielle du sous-sol, expliquant l'absence de grandes entreprises dans

ce secteur. Néanmoins, elle compense par la recherche de compétences à l'étranger, et la mise en place de consortiums industriels. La place du sous-sol est relativement stratégique, à travers le choix de donner une place importante à la géothermie dans son mix énergétique.

2.3. Les promesses du sous-sol : quels sont les retards de déploiement ?

Le sous-sol est ainsi mobilisé dans le cadre de la transition énergétique, où il fait l'objet de nombreuses promesses, comme nous avons pu l'exposer précédemment. Néanmoins, les promesses ne sont pas forcément tenues, ce qui donne lieu à des retards de déploiement, comme dans le cas du captage et stockage de CO₂. Si certains retards de déploiement peuvent être dus à des raisons techniques, à travers une filière en cours de maturation et nécessitant la mise en place de recherche et de développements conséquents, ce décalage entre promesses et réalité peut reposer sur un défaut d'acceptabilité, avec une contestation des projets. Dans le cadre du stockage de CO₂, les retards de déploiements montrent que la technologie peine à être médiatisée et à se faire connaître (Campos, Ha-Duong, Merad 2010). Dans le cas de la géothermie électrogène, le déploiement rencontre également des difficultés, au regard des nombreux permis exclusifs de recherche octroyés en 2013, et la difficile mise en œuvre de ces projets dix ans après²⁶.

Une explication couramment apportée pour justifier le retard du déploiement des projets du sous-sol est le déficit d'acceptabilité sociale, conduisant à l'échec des projets. Un enjeu économique important sous-entend donc l'aboutissement de ces projets.

Comme on a pu le voir, ces problèmes de déploiement posent la question du sous-sol comme objet politique. D'autres travaux de recherche adoptent plutôt l'angle de la politisation d'un milieu, c'est-à-dire le processus selon lequel le sous-sol devient un objet

²⁶ Notons cependant que l'octroi d'un PER ne signifie pas mise en œuvre d'un projet de manière automatique, mais permet juste une possible prospection du potentiel sur une zone définie.

politique, à travers sa mobilisation au sein de politiques publiques (politiques énergétiques, réformes législatives, etc.) et les controverses (notamment de projets) qu'il génère. On peut ainsi citer le numéro spécial publié dans *Nature Sciences et Sociétés* (Arnauld De Sartre, Chailleux 2021), montrant la prise en compte de cette question dans la recherche.

**

On voit que, devant les changements globaux, le sous-sol présente une position ambivalente. D'abord perçu comme un problème, notamment du fait de l'extraction d'hydrocarbures responsables des émissions de gaz à effet de serre, ou à travers les effets néfastes de l'extractivisme, il est perçu également perçu comme une solution notamment grâce au développement de nouvelles technologies. Ces nouveaux usages sont marqués par une translation spatiale, réintégrant la question du sous-sol sur le continent européen. Néanmoins, ces nouveaux usages restent conditionnés à une économie de la promesse et à une maturation de la technologie. Ce que l'on peut noter cependant, c'est, sauf exception, l'absence de débat sur la place du sous-sol dans la transition énergétique.

On constate néanmoins une mobilisation différente du sous-sol entre la France et la Suisse. En effet, si la France entretient une histoire ancienne avec le sous-sol, notamment avec l'industrie pétrolière qui a permis la naissance en France d'une multinationale du pétrole, la Suisse n'a mobilisé que récemment son sous-sol, en développant la géothermie profonde. Ces différences expliquent des jeux d'acteurs différents entre les deux pays. Néanmoins, tandis que la Suisse implique de manière relativement importante le sous-sol dans sa transition énergétique, il est beaucoup plus faible dans le cas de la France. Cela peut s'expliquer par des trajectoires et des choix différents en matière de transition énergétique. Ainsi, on peut se demander, notamment dans le cas français et alors qu'il y a *a priori* un contexte favorable dans le déploiement de projets

mobilisant le sous-sol, qu'est-ce qui pourrait justifier ce retard, ou cette non-utilisation du sous-sol. Une des explications apportées est celle de l'acceptabilité sociale, et de son absence notamment, concernant les projets du sous-sol.

3. Comprendre les difficultés de déploiements : une politisation d'une nouvelle filière ?

Nous voyons ainsi une différence entre les deux pays : l'un, entretient une histoire avec le sous-sol et des compétences, tandis que l'autre n'a que récemment mis en place une filière du sous-sol, et recherche des compétences à l'étranger. On voit ainsi que le contexte est, *a priori*, favorable en France pour le développement de la géothermie. Pourtant, il y a des retards de déploiements, tandis que la Suisse, en manque de compétences, met en place des projets de géothermie profonde. Qu'est-ce qui peut expliquer cette différence ?

3.1. Promesses sociotechniques : résoudre des problèmes par la technique

La mise en place de technologies est souvent justifiée par la promesse sociotechnique. Ces dernières portent un discours positiviste, décrivant un monde meilleur à travers des solutions technologiques permettant de résoudre des problèmes et une fuite en avant dans l'innovation (Compagnon, Saint-Martin 2019; Joly 2013). Ce régime de la promesse s'inscrit dans un régime néolibéral, où la science et la technique, entre autres, s'inscrivent dans un contexte de marchandisation, et pour capter les financements publics dédiés aux technologies émergentes, incitent les porteurs de projets à survendre (Compagnon, Saint-Martin 2019).

Dans un article, Pierre-Benoît Joly (2013) cherche à expliquer les mécanismes de cette économie de la promesse. Une première étape est de légitimer la promesse. Cette légitimation passe par la présentation, ou la création d'un problème qu'on chercherait à

résoudre. La définition d'un problème permet ainsi de réduire les champs des possibles, et donc de « contraindre » les individus dans leurs actions présentes ou futures. La promesse va ainsi modifier les attentes vis-à-vis du futur. Pierre-Benoît Joly identifie que la rhétorique est fondée sur l'idéologie d'un progrès technologique censé apporter une émancipation, en apportant plus de liberté ou de démocratie, par exemple. Cette idéologie est héritée des Lumières, et s'inscrit dans une vision où la science est au service des sociétés. Une deuxième étape est de produire de la crédibilité, c'est-à-dire qu'une théorie scientifique, au-delà de sa validité scientifique, doit également être validée socialement et culturellement. Pour Pierre-Benoît Joly, cette validation passe également par une crédibilisation financière, à travers par exemple la mise en place de brevets. Cependant, la réception des promesses évolue. Le cabinet de conseil états-unien Gartner a ainsi identifié un cycle concernant la mise en intérêt de ces projets (Compagnon, Saint-Martin 2019; Joly 2013). Ce cycle prend tour à tour la forme de l'engouement, de l'espoir puis de la désillusion (*hype, hope, despair*) : une technologie séduisante, mais sans débouchés, est lancée, ce qui génère un engouement. Il y a alors un pic d'enthousiasme, une bulle, qui s'étiole rapidement lorsque ces espoirs sont déçus. Le projet est ainsi modifié, de manière moins ambitieuse, permettant ainsi qu'il arrive à maturation, mais avec une adoption plus confidentielle.

On retrouve ce phénomène dans les industries de l'énergie. Ainsi, en Europe, est poussée la création de solutions de production électrique, car l'électricité serait interchangeable et homogène (Renner, Giampietro 2020). Cela s'inscrit dans un narratif de transition énergétique, et ainsi de modification profonde des structures (Jasanoff, Kim 2013). Ces discours s'adaptent selon les contextes locaux : les États-Unis vont ainsi s'orienter vers les biocarburants (ce qui est rendu possible grâce au développement des cultures d'organismes génétiquement modifiés), tandis que l'Allemagne fait le choix de l'éolien et du solaire (afin d'éviter les risques relatifs au nucléaire), et que la Corée du Sud se tourne vers le nucléaire. Sheila Jasanoff *et al* démontrent que ces discours s'ins-

crivent au sein de politiques nationales et des différentes orientations prises par les pays.

L'économie de la promesse est ainsi fondée sur la résolution de problèmes par la technique. Elle s'insère dans une vision du futur technicisé désirable. Elle s'inscrit au sein d'un régime de marchandisation des savoirs, où il est parfois nécessaire de « sur-vendre » l'innovation, et donc de susciter de l'espoir chez les investisseurs, afin d'attirer des capitaux. Ces promesses vont alors chercher à se légitimer et à se crédibiliser, générant une bulle d'engouement.

3.2. Au-delà de la promesse : la difficile structuration d'une filière

Si nous réabordons plus en détail dans le chapitre 4 l'histoire de la géothermie, il peut être cependant nécessaire de revenir sur le développement de la géothermie électrogène, qui peut être éclairant pour comprendre la mise en place de promesses, mais aussi les difficultés pour cette filière d'y répondre et de se structurer en filière.

En effet, la filière de la géothermie profonde électrogène est relancée en 2013 par la ministre de l'Écologie de l'époque, Delphine Batho, en accordant plusieurs permis exclusifs de recherche. À cette même période, le sujet est débattu au parlement, avec plusieurs questions au gouvernement à ce sujet. Dans ce cadre, une députée interpelle en 2013 la ministre de l'Écologie sur la place de la géothermie (question n° 15 444, de la 14^e législature²⁷). La ministre répond alors que la géothermie, tant dans sa production de chaleur ou d'électricité, fait partie des priorités du gouvernement :

« Le développement de la géothermie et de ses valorisations sous forme de chaleur et d'électricité fait partie des priorités du Gouvernement en matière de développement durable. La géothermie est en effet une énergie renouvelable exemplaire, locale et créatrice d'emplois. La France s'est fixé des objectifs ambitieux pour la filière géothermie, qui prévoient notamment sur une dizaine d'années la multiplication par cinq de la production de chaleur (500 kilotonnes d'équivalent

²⁷ Question n° 15 444 – Assemblée nationale [en ligne]. 2013. [Consulté le 13 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://questions.assemblee-nationale.fr/q14/14-15444QE.htm>

pétrole (ktep) en 2020) et une augmentation de 65 mégawatts (MW) de la production d'électricité (80 MW en 2020). » (réponse du ministère à la question n° 15 444).

De ce fait, la réponse du ministère affirme une volonté de développer ce type d'énergie, tant en chaleur qu'en production d'électricité. Concernant la production d'électricité, il y a une volonté de passer d'une production de 15 MW à 80 MW en sept ans.

Lorsque l'on observe les documents de la programmation pluriannuelle de l'énergie²⁸, on constate une volonté d'augmenter la production électrique : de 1 MW en 2016, la PPE de 2016 fixe les objectifs de production à 8 MW en 2018 et de 53 MW pour 2023. Il y a alors une volonté de développer cette technologie : en effet, l'arrêté du 13 décembre 2016 fait bénéficier d'un complément de rémunération sur le tarif de rachat, fixant le tarif de référence à 246 €/MWh²⁹. Néanmoins, en 2019, il est décidé d'arrêter la politique de complément de rémunération de l'électricité issue de la géothermie, notamment du fait des coûts financiers que cela engendre, la PPE privilégiant la géothermie chaleur. Ainsi, dans la PPE suivante (2024-2028), il est prévu un objectif de 24 MW en 2023, et restant identique en 2028. Cette augmentation de 1 MW à 24 MW entre 2016 et 2023, correspondant aux projets de géothermie électrogène ayant déjà fait une demande de complément de rémunération. Concernant la géothermie chaleur, la PPE de 2016 prévoyait un objectif de production pour 2023 compris entre 4,6 TWh et 6,4 TWh, contre 1,2 TWh en 2012 et 1,97 TWh en 2017, pour un coût de production entre 74 € et 99 €/MWh³⁰.

28 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE. *Stratégie française pour l'énergie et le climat Programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2023 2024-2028* [en ligne]. 21 avril 2020. p. 134. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf>

29 La production de la géothermie étant estimée par l'ADEME entre 173 € et 336 €/MWh, ce qui fait l'une des énergies les plus chères, en comparaison avec les éoliennes ayant un coût de production à 63€-68 €/MWh, ou un nucléaire à 33 €/MWh.

30 À titre de comparaison, la biomasse solide, à partir de bois bûches revient à 48-69€/MWh, à partir de granulés à 86-103€/MWh. Le solaire thermique revient entre 76 et 337 €/MWh selon les technologies.

Tableau des objectifs de production électrique et de chaleur pour la géothermie profonde

D'après Ministère de la Transition écologique (2020)

	2012	2016 (situation)	2017	Objectif PPE 2016 pour 2018	Objectif PPE2016 pour 2023	Objectif PPE2024 pour 2023	Objectif PPE2024 pour 2028
Production électrique		1 MW		8 MW	53 MW	24 MW	24 MW
Production chaleur	1,2 TWh		1,97 TWh		4,6 à 6,4 TWh		

On assiste ainsi à une dévaluation des objectifs, entre 2013 et 2016, concernant la géothermie électrogène, divisant quasiment par quatre les objectifs, passant de 80 MW à 24 MW. Cela est dû au retard pris par le développement de la géothermie, qui conduit à réduire l'ambition initiale. C'est ce retard qui reste à expliquer. Si les coûts de production ont été évoqués, et la volonté, par conséquent, de fixer d'autres priorités de subventions, on peut s'interroger sur l'existence de causes structurelles à ce non-déploiement de cette technologie, malgré un portage politique important en 2013.

Lorsque l'on regarde l'évolution des objectifs de production de la géothermie électrique, on constate une diminution. Lors d'un entretien conduit avec un responsable de l'ADEME, il était indiqué une volonté de restructurer la filière, pour répondre aux évolutions qui ont eu lieu durant cette dernière décennie.

« L'ADEME envisage l'année prochaine [...] la réactualisation d'une feuille de route sur la géothermie [...] qui était établie en 2011 [...]. Depuis 2011, c'est un exercice qui était proposé par l'ADEME pour à peu près l'ensemble des filières énergies renouvelables [...]. Donc cet exercice a été fait pour la géothermie et l'idée c'est qu'aujourd'hui, de réactualiser ce travail-là. Parce qu'entre-temps, il s'est passé pas mal de choses, il y a des acteurs à l'époque qui ont disparu, de nouveaux qui sont apparus. Il y a eu en dix ans des opérations qui ont été réalisées... l'environnement a quand même changé [...]. L'ADEME, par exemple en 2008, a proposé la création d'une association nationale, qu'on appelle aujourd'hui l'AFPG, l'Association française des professionnels de géothermie, qui a été créée en 2010 et cette année fêtait ses 10 ans. Ça marche bien, c'est une association aujourd'hui qui représente les professionnels de la géothermie auprès des ministères. Vous avez le SER, Syndicat des énergies renouvelables, qui a créé une commission en géothermie. Vous avez d'autres acteurs qui s'intéressent aussi à la géothermie. Vous avez des opérateurs du réseau de chaleur, par exemple, s'intéressent à la géothermie

profonde. Donc vous avez des établissements, comme le BRGM, qui depuis toujours s'intéressent à la géothermie bien évidemment. Vous avez l'ANR qui va aussi s'intéresser à la géothermie. Vous avez aussi l'AFD, à l'export, qui pourrait aussi s'intéresser à la géothermie. Il y a la BPI qui s'intéresse à la géothermie aussi, aujourd'hui. Donc ça c'est des opérateurs qui pour certains n'existaient pas vraiment il y a dix ans. Donc aujourd'hui c'est de voir comment l'ADEME pourrait assurer une cohérence avec l'ensemble de ces acteurs, essayer de jouer un rôle d'animation de l'ensemble de cette filière, avec l'ensemble de ces acteurs. [...] Essayer de voir au niveau de la gouvernance comment s'organiser avec l'ensemble de ces acteurs, pour qu'on ait vraiment une vraie filière qui soit représentée au niveau national, et qui travaille sur l'ensemble de ces aspects. [...] Donc il faut fédérer l'ensemble de ça. » (Entretien avec un responsable de l'ADEME, 1^{er} décembre 2020)

L'évolution des acteurs reconfigure le jeu d'acteurs. De même, la géothermie intéresse de nouveaux acteurs, qu'ils soient du monde économique (AFD, BPI) ou du monde de la recherche (ANR). Ces évolutions font que l'ADEME souhaite actualiser sa feuille de route concernant la géothermie, dix ans après la précédente. Ainsi, la précédente feuille de route avait permis la création de porte-paroles de la filière, avec l'AFPG et de la SER. Néanmoins, le responsable de l'ADEME interrogé pointe une nouvelle gouvernance pour une meilleure représentation, mais également pour prendre en compte de nouveaux enjeux, comme l'export de la technologie à l'étranger, les formations ou les animations de filière.

On peut voir, à travers la volonté de réorganiser la filière, que le problème tient de l'organisation sociotechnique et du portage de la technologie. De manière plus globale, on peut s'interroger sur la place du sous-sol dans la transition énergétique. En effet, nous avons vu dans la partie précédente la place restreinte qu'occupe la géothermie, avec une baisse des objectifs. On peut se demander, d'une certaine manière, si cette difficulté à structurer et à développer cette filière serait due au fait que le sous-sol est un impensé dans ces usages, malgré ces évocations dans la sphère parlementaire, ou si la difficulté de la mise en place des projets est due à un « problème d'acceptabilité sociale », comme cela a été parfois avancé.



Il existe de plus une différence dans le développement des filières du sous-sol entre les deux pays. La France entretient une histoire ancienne avec son sous-sol, notamment avec le développement d'une filière des hydrocarbures remontant au début du xx^e siècle. Le rôle de l'État va changer, passant d'un État-actionnaire à un désengagement progressif. Cette histoire pétrolière explique l'existence d'un savoir-faire français, exporté à l'international. D'autres filières sont également présentes, comme l'extraction minière et charbonnière, jusqu'à la fin du xx^e siècle. Concernant la Suisse, elle n'a pas connu d'exploitation du sous-sol, ce qui explique un certain manque de compétences en interne, et l'absence de filières industrielles du sous-sol. On peut néanmoins voir, dans le cas de la transition énergétique, un certain retard dans le déploiement des projets dans le cas du sous-sol.

Pour comprendre ces phénomènes, il est nécessaire de nous pencher sur deux concepts. La promesse sociotechnique s'inscrit au sein de la modernité, autour de la résolution de problèmes à travers la technique, conduisant parfois à « survendre » une innovation. Cette dernière va alors chercher à se légitimer et à se crédibiliser. Le second concept est l'acceptabilité sociale. Cette dernière est une remise en question de la légitimité d'un dispositif, conduisant à une controverse pouvant recomposer les rapports de forces et de pouvoirs. Néanmoins, l'acceptabilité sociale peut conduire à une certaine essentialisation de la population. Il est possible de sortir de cette aporie à travers une analyse pluri-scalaire et multi-factorielle (sociale, économique, politique, etc.).

Il est intéressant de regarder ces deux concepts à l'aune de la géothermie. En effet, si la filière a été relancée en 2013, elle a fait l'objet de promesses importantes, notamment dans son déploiement et est décrite comme prioritaire par le gouvernement. Néanmoins, lorsque l'on regarde les différents documents de planification, les objectifs sont à la baisse, et le retard reste à expliquer. Une explication possible serait l'organisation

sociotechnique et le portage de la technologie, et de manière plus globale, la place du sous-sol dans la transition énergétique.

Dans ce chapitre, nous avons cherché à esquisser quelques éléments contextuels, et notamment les trajectoires sociotechniques de la France et de la Suisse, à travers la question de la place du sous-sol dans la transition énergétique. Nous avons vu que le sous-sol est un impensé et peine à être mobilisé. Les promesses ont également des difficultés à être tenues. Dans le chapitre suivant, nous aborderons le cadre théorique abordé, qui permettra ainsi d'analyser ces déploiements et les problèmes rencontrés.

CHAPITRE 2 – CADRE THÉORIQUE : POLITISATION DU SOUS-SOL ET CONSTRUCTION SOCIOTECHNIQUE DES PROJETS INDUSTRIELS

Si la question du sous-sol est le plus souvent traitée sous l'angle des sciences de la nature, à travers notamment les géosciences, il n'en demeure pas moins que les sciences sociales ont beaucoup à apporter à l'étude de ce milieu : le sous-sol est en effet un milieu exploité – à travers l'extraction de ses ressources – et politisé – c'est-à-dire faisant l'objet de débats et de controverses. Mais les spécificités de ce milieu, et la diversité des approches que l'on peut avoir de son exploitation imposent de faire des choix de cadrage théorique. Le choix sous-jacent à tous les choix théoriques est le fait de considérer que le sous-sol est un objet politique, qui se construit en tant qu'interface entre les géosciences et les sciences sociales. Cela s'explique par le fait que le sous-sol et son exploitation sont à la croisée de différentes dimensions.

L'aspect pluridimensionnel de la géothermie est aisé à comprendre. Si l'aspect technique, à travers les choix technologiques et la géologie, est important, il ne peut pas y être réduit. La géothermie s'inscrit en effet au sein d'un système plus large, à travers par exemple un écosystème industriel et économique, et s'inscrit au sein de politiques publiques de transition énergétique.

Ces dimensions du sous-sol le font sortir de sa dimension purement physique ou technique. Elles donnent lieu à des arbitrages, qui justifient que l'on considère que le sous-sol soit un objet éminemment politique.

Nous avons été amenés à faire des choix théoriques. Pour étudier la construction sociale de la relation entre la surface et le sous-sol, entre les sociétés et leurs milieux – sa dimension politique –, nous mobiliserons une approche critique, la *Political Geology*, permettant ainsi de voir le sous-sol comme un milieu où les sociétés humaines sont

présentes, à travers son exploitation, mais également ses représentations. Nous développerons alors un concept, celui de « territoires verticaux », permettant d'aborder la question du sous-sol selon une approche géographique et spatiale.

Pour aborder la construction sociale de la relation entre les acteurs et la technique, et les discours afférents, nous avons fait le choix de la sociologie de la traduction – bien qu'il existe de nombreux courants pour aborder cette question. Cette approche permet de décortiquer les différents mécanismes techniques et sociaux de l'innovation. Dans un second temps, nous aborderons la question de la démocratie technique, c'est-à-dire la manière dont les technologies peuvent être débattues au sein d'instances regroupant des spécialistes et des non-spécialistes.

Finalement, pour questionner la régulation du sous-sol, c'est-à-dire la relation entre sphères administratives et politiques d'une part, et le sous-sol d'autre part, nous regarderons dans un premier temps les cadrages de l'action publique et les multiples cadrages qui entrent en concurrence. Puis, dans un second temps, nous regarderons les différences de régulation entre deux pays, l'un centralisé à travers l'exemple de la France, et l'autre fédéral, à travers l'exemple de la Suisse. Ces différents cadrages dans la régulation définissent les trajectoires sociotechniques des pays.

Cette approche croisée nous permettra d'avoir une vision englobant les différents aspects du portage et de la réception de la géothermie profonde. Nous proposons en dernière partie le cadre d'analyse fondé sur un triptyque incluant (1) la crédibilité de la solution, à travers ses dimensions de maturité technologique et de viabilité économique ; (2) la légitimité territoriale, avec les trajectoires sociotechniques et la légitimité des porteurs de projets ; (3) la gouvernance, autour des modèles de gouvernance et des échelles de prise de décision.

1. La *Political Geology* ou la construction sociale et politique du sous-sol

Les questions de gestion des milieux naturels sont par nature multidisciplinaires, du fait de la pluralité des dimensions soulevées par les problématiques environnementales. Dire cela ne résout cependant pas grand-chose. Il existe une diversité d'approches des questions interdisciplinaires, diversité que François Bousquet et ses coauteurs ont tenté de synthétiser autour de la « grammaire PISA » : Pouvoir, Incitations, Systèmes et Adaptation (Bousquet et al. 2015). Selon ces auteurs, ces quatre termes sont communs à sept communautés scientifiques interdisciplinaires étudiant les relations sociétés/milieux, parmi lesquelles la *Political Ecology*, les *Ecological Economics*, la théorie des communs et la théorie de la résilience (*Resilience Alliance*). Pour ces différents courants de pensée appliqués aux questions sociétés-milieux, il est toujours question d'aborder les questions dans toutes leurs dimensions – dans toute leur complexité, expliquant l'approche *systemique* –, en insistant sur la manière dont les sociétés s'adaptent à leurs milieux – expliquant le choix du terme *adaptation* – en régulant les rapports de pouvoirs et d'usage. Chacune des approches combine diversement les différents termes, en mettant l'accent sur une dimension plutôt qu'une autre.

Or, en matière de sous-sol, la manière dont les rapports de pouvoirs sont régulés pour parvenir à l'exploitation du sous-sol est essentiel. Cela correspond, d'après l'approche PISA, à l'approche de la *Political Ecology* et aux théories de régulation autour des communs, approches que nous allons développer par la suite.

Mais plutôt que de *Political Ecology*, c'est de *Political Geology* que nous parlerons, cette approche qui s'est construite en miroir de la *Political Ecology*, en appliquant ses principes non pas à l'environnement, mais au sous-sol. La *Political Geology* est particulièrement portée par des auteurs britanniques (Bobbette, Donovan 2019), même si une école française est également en train de se constituer (Arnauld De Sartre, Chailleux

2021; Chailleux, Le Berre, Gunzburger 2022). La *Political Ecology* et la *Political Geology* sont des approches interdisciplinaires cherchant, au sein d'une même approche, à aborder le problème environnemental (ou géologique), son traitement scientifique, les solutions qui y sont données et la place des populations par rapport à ce problème. L'approche est généralement critique, même si cela peut varier selon les différentes communautés épistémiques (Desvallées, Arnauld De Sartre, Kull 2022), et cherche à étudier une prise en compte des rapports de pouvoirs et des enjeux sociaux (Robbins 2012; Gautier, Benjaminsen 2013). Cette critique se manifeste notamment à travers le binôme conceptuel du *hatchet and seed*, c'est-à-dire la hache et la graine : toute critique du système doit proposer une solution, la mise en récit permettant de montrer les contradictions, les contradictions inhérentes à un système (Desvallées, Arnauld De Sartre, Kull 2022). Autrement dit, ces deux approches permettent de traiter des questions de sciences de la nature sous le prisme des sciences sociales, en questionnant les rapports des sociétés avec leur environnement et leur sous-sol. Ces courants s'intéressent à la question des échelles, en regardant notamment les conflits et leurs insertions aux échelles supérieures (Gautier, Benjaminsen 2013), tant verticalement, c'est-à-dire du local au global, qu'horizontalement, c'est-à-dire l'insertion au sein de réseaux (Zimmerer, Bassett 2003), mais aussi à travers l'étude de *chaînes d'explications causales* (Blaikie et al. 1987).

Pour la *Political Geology*, il existe des interactions fortes entre le politique et le sous-sol, conduisant à une politisation de la géologie (Arnauld De Sartre, Chailleux 2021). En effet, à l'instar de l'espace à la surface, l'espace souterrain est également une construction politique (Lefebvre 2000). Pour y arriver, Adam Bobette et Amy Donovan proposent de dépasser l'opposition entre le *bios* (le vivant) et le *geos* (le non-vivant), à travers une mise en dialogue entre les sciences humaines et les sciences de la nature, à travers le concept d'anthropocène comme catalyseur interdisciplinaire (Bobette, Donovan 2019, p. 14-16). De ce fait, la *Political Geology* s'intéresse plus particulièrement à la

« zone de contact entre la politique et la transformation, la production et les destructions graduelles, mais incessantes de la surface de la Terre » [traduction]³¹ (Bobbette, Donovan 2019, p. 13).

Cette zone de contact est marquée par la question de l'incertitude, inhérente à la géologie. Cette incertitude peut se manifester de diverses manières tant dans sa dimension spatiale, à travers le potentiel des ressources latentes en profondeur, que dans la dimension temporelle, où le temps géologique dépasse les temps des sociétés. De par sa nature, invisible par les sens, il est nécessaire de faire confiance aux savoirs scientifiques, par définition lacunaires, et aux appareillages techniques. Il est donc impossible de tout connaître, l'appareillage technique ne permettant pas d'embrasser de manière globale la configuration du sous-sol, mais de regarder l'un ou l'autre aspect de manière lacunaire. Par exemple, les carottages permettront de déterminer la nature géologique, tandis que les diverses méthodes de visualisations pourront aider à comprendre, mais de manière lacunaire, les réseaux hydriques ou de failles. L'incertitude du sous-sol induit un confinement des débats de la « géopolitique souterraine » à des arènes restreintes expertes, qui pourront appréhender ce sous-sol. Cependant, on comprend bien qu'il y a un défi : la production et la mobilisation des savoirs sont politiques, car étant un enjeu de pouvoirs. Ainsi, la production des savoirs est construite historiquement depuis le XIX^e siècle, entre les miniers praticiens et les ingénieurs. Elle est fondée sur l'accès aux cartes, permettant ainsi à ces derniers de contrôler les processus d'exploitations, en apportant une connaissance et une visualisation du sous-sol. Ainsi, les dépositaires de ce savoir et les porte-paroles légitimés du sous-sol se trouvent être les ingénieurs et les scientifiques appliqués de l'*Oil and Gas* (Kinchy, Phadke, Smith 2018).

31 *"The essays here engage the contact zones between politics and the gradual but incessant transformation, production and destruction of the earth's surface"*.

Cette incertitude n'empêche pas son exploitation, motivée par des raisons économiques, à travers la recherche de nouvelles ressources. De ce fait, les auteurs voient l'exploitation du sous-sol comme une dynamique d'extension du capitalisme, dans un contexte d'une économie capitaliste mondialisée (Bobbette, Donovan 2019, p. 285). Cette mobilisation du sous-sol s'inscrit, entre autres, au sein de la modernisation écologique. On peut définir ce courant comme une technicisation et une économicisation de la question écologique, c'est-à-dire qu'il affirme que la question écologique peut être traitée à travers la mobilisation rhétorique de l'innovation technologique (Buttel 2000; Béal 2016). En plus de la place prépondérante laissée à la technique, la modernisation écologique s'inscrit dans une logique d'une économie de marché, qui doit réguler les questions écologiques. Cela a pour conséquence une transformation de l'action publique environnementale, qui donne une place plus importante aux acteurs privés, mais aussi un traitement de la question environnementale à différentes échelles. Le sous-sol n'échappe pas à cette logique. En effet, comme nous avons pu le décrire dans le chapitre précédent, le sous-sol est impliquée dans le cadre de la transition énergétique, notamment en mobilisant de manière conséquente l'innovation technologique, par exemple à travers la géothermie profonde ou le stockage géologique de CO₂, et en faisant appel à de nombreux acteurs privés, notamment industriels.

Ces différentes dimensions sont nécessaires afin de comprendre la politisation du sous-sol, et donc sa mobilisation par les sociétés humaines. Nous pouvons apporter un regard géographique, en voyant cette zone de contact, entre le sous-sol et les sociétés, comme une verticalisation des territoires, c'est-à-dire une organisation en volumes et en strates géologiques du sous-sol (Bobbette, Donovan 2019, p. 11; Braun 2000; Elden 2013). Ce basculement du territoire de deux à trois dimensions dans le contrôle des ressources se traduit à travers une volonté de « sécurisation » des volumes, tant en surface qu'en profondeur (Bobbette, Donovan 2019, p. 119).

La notion de territoire est intéressante pour appréhender le rapport du sous-sol aux sociétés humaines – si tant est qu'on en élargisse le champ d'application. Plusieurs géographes proposent des définitions. Nous adopterons les approches de Claude Raffestin (1977) et Guy Di Méo (1998b) qui proposent une triple définition du territoire, en le voyant comme étant la somme de trois dimensions : une dimension physique, une dimension idéale et une dimension politique, ce que Claude Raffestin résume à travers l'expression « vouloir-pouvoir-savoir ».

Le territoire possède d'abord une dimension physique, un substrat matériel, correspondant à la biosphère, c'est-à-dire à l'ensemble des éléments dits « naturels » de l'environnement : biocénose, biotope, lithosphère, etc. Guy Di Méo va le définir comme la « *réalité concrète de cette terre [où] la manière dont la biosphère enregistre l'action humaine et se transforme par ses effets* » (Di Méo 1998b, p. 108). Claude Raffestin désigne cette dimension comme étant la « *géo-structure* », regroupant les éléments du territoire, et qui jouera le rôle de signifiant, c'est-à-dire l'objet dans lequel on va y investir un sens.

Le territoire possède également une dimension idéale à travers les représentations qu'elle génère, ce que Guy Di Méo nomme les « *rappports [...] émotionnel et présocial de l'homme à la terre* ». De ce fait, les dimensions idéelles regroupent l'ensemble des affects que l'on attribue aux éléments du territoire. Claude Raffestin, quant à lui, va utiliser l'expression de « *géogramme* », qui jouera le rôle de signifié, pour désigner le sens que donnent les sociétés à ces éléments territoriaux, à travers un « *lieu de médiation* ». De ce fait, le territoire n'est pas seulement le fruit « d'objets naturels », mais est également le sens qu'y revêtent les sociétés humaines.

Finalement le territoire est également politique, à travers le contrôle d'un espace par les sociétés, et les rapports qui en découlent. Ainsi, pour Claude Raffestin (2019), la question du pouvoir est inhérente à la définition du territoire. En effet, le territoire est construit par les sociétés, et nous retrouvons les relations de pouvoirs entre les diffé-

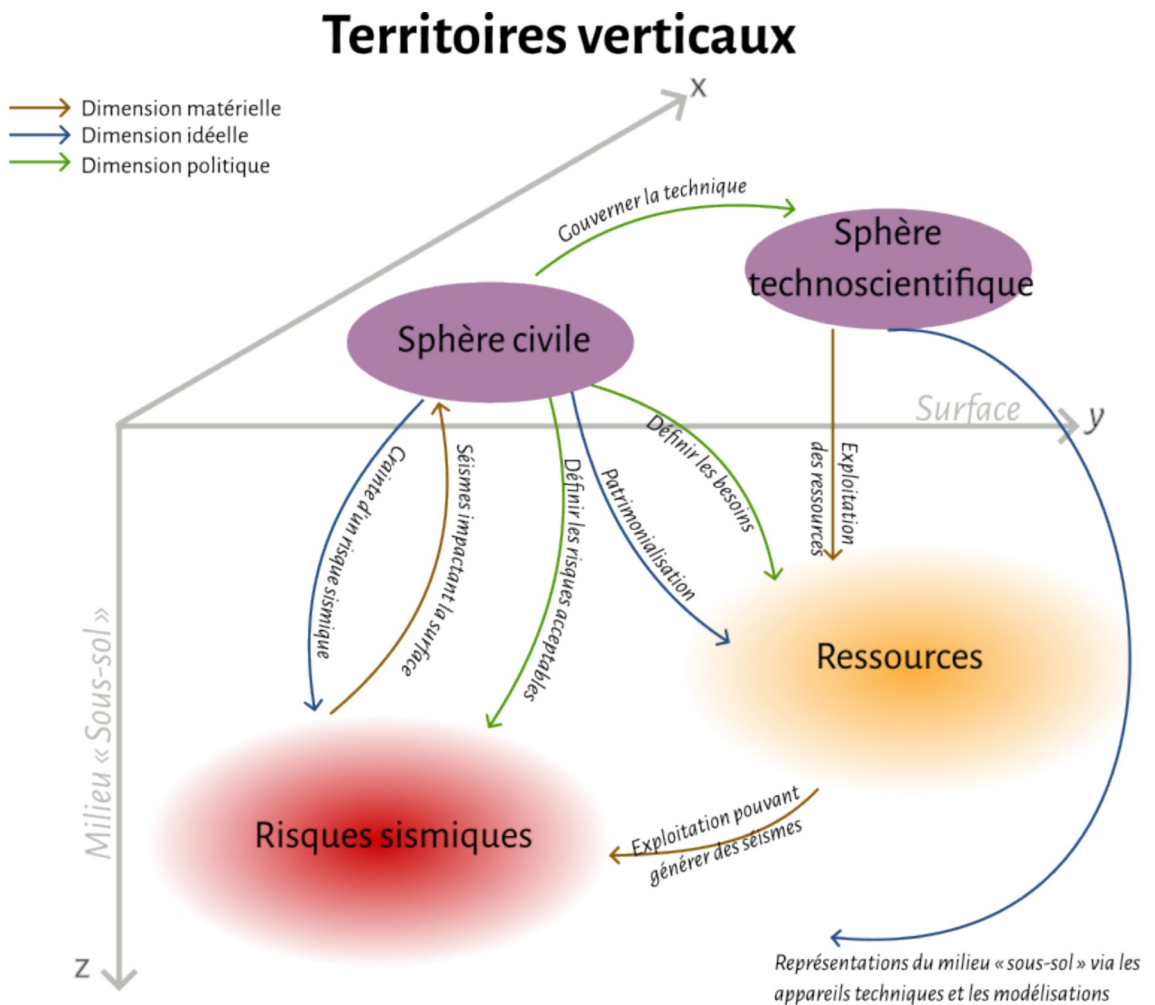
rents acteurs dans la construction de l'espace, avec, par exemple, la présence de lieux d'expression du pouvoir.

Nous proposons ainsi d'adapter cette définition tridimensionnelle, en y apportant la dimension de verticalité, c'est-à-dire une prise en compte du sous-sol :

- L'aspect matériel du territoire vertical est certainement la dimension la plus évidente. En effet, c'est la dimension géologique du sous-sol. On pourra ainsi y retrouver les conditions particulières de ce milieu (type de roches, failles, séismes, aquifères, etc.) ;
- L'aspect idéal concerne les représentations que génère le sous-sol. Si on se réfère à la grammaire PISA, la représentation vise le contrôle. Dans notre cas d'étude, cela est particulièrement intéressant, avec par exemple l'idée de vouloir défendre, au titre du patrimoine ou de « biens communs », certains aspects du sous-sol ;
- Finalement l'aspect politique se manifeste à travers la volonté de régulation du sous-sol, notamment face aux risques qu'il génère, par exemple sismique. Cela peut passer par une mobilisation d'acteurs comme des citoyens ou le personnel politique qui se positionnent, afin de déterminer les risques acceptables et gouverner la technique (Callon, Lascoumes, Barthe 2001), mais aussi de s'approprier la question du sous-sol, en cherchant à comprendre son fonctionnement.

Le territoire vertical se manifeste de ce fait à travers l'interaction entre les sociétés humaines et le sous-sol (voir schéma ci-après, n°2). Les sociétés humaines regroupent de plus une diversité d'acteurs, que nous détaillerons plus par la suite. Nous pouvons néanmoins identifier la sphère technoscientifique, productrice des connaissances et des appareillages techniques nécessaires – la centrale géothermique avec ses puits – à l'exploitation du sous-sol, et la sphère civile, qui va s'attacher à réguler la technique. En effet, la sphère technoscientifique, en cherchant à exploiter des ressources – la chaleur

du sous-sol –, peut générer des risques sismiques. De fait, comme nous le verrons après, le sous-sol est un milieu plein d'incertitudes. Les populations en surface vont alors chercher à se « protéger » des conséquences du sous-sol, à travers une sécurisation. De nombreux risques sont craints, avec notamment le risque sismique, par définition impossible à prévoir.



Missaghieh-Poncet J., 2022

Figure 2: Territoires verticaux

La déclinaison du territoire de surface au sein du territoire vertical nous permet ainsi d'analyser le sous-sol comme étant une extension de la surface, avec des dynamiques similaires. Cela permet ainsi une géographisation du sous-sol.



La *Political Geology* part du constat que, dans le monde capitaliste, les humains s'approprient de différentes manières, le sous-sol. Cette influence anthropique permet ainsi de construire le sous-sol comme objet politique, fruit de conflits, de négociations et de régulations en sein des sociétés humaines – notamment celles qui exploitent le sous-sol. Ce changement de regard, par rapport à une vision purement naturaliste du sous-sol, permet d'apporter un certain nombre de concepts et de questionnements à ce sujet. De ce fait, derrière la question de l'incertitude géologique, se cachent des enjeux de pouvoirs concernant l'accès à la connaissance. L'exploitation du sous-sol peut être également située dans des contextes particuliers, dont la justification est actuellement marquée au sein de logiques capitalistes, d'économie de marché et de recherche d'innovation. De même, nous proposons d'utiliser le concept de territoire, dans ses différentes composantes, afin d'appréhender ce milieu. Ces quelques exemples illustrent à quel point l'incertitude et la technique sont des composantes importantes du sous-sol. Le truchement de la technique permet de l'appréhender, mais réduisant de ce fait à une arène restreinte, notamment experte, son appréhension. Cette caractéristique centrale du sous-sol donne un rôle important à l'expertise, mais aussi à la technique, bien que, comme nous l'avons démontré, le social a également un poids important. Comme nous allons le voir dans la partie suivante, il existe une relation certaine entre la technique et le social.

2. Comment étudier des acteurs et la technique ?

La *Political Ecology* et la *Political Geology* posent la question de la place de la science et de la technique dans leurs analyses. En effet, la *Political Ecology*, notamment dans une perspective critique (Forsyth 2003), cherche à comprendre comment la politique façonne les sciences environnementales et la construction des connaissances. Pour approfondir cette dimension, l'apport des *sciences and technology studies* permet ainsi

d'aborder la question de la relation entre le politique et la technique. L'étude de cette relation permet ainsi d'étudier les évolutions de la géothermie, sous l'angle des compromis que suscitent les controverses et ses contestations.

2.1. Études des sciences et des techniques : quand la technique est un objet politique

La question de la relation entre le fait social et le fait technique n'est pas nouvelle, et donne lieu à tout un courant théorique, nommé *sciences and technology studies* (STS, parfois traduit en « études des sciences et techniques ») (Bonneuil, Joly 2013). Ce champ d'études cherche à étudier les relations entre la société, les sciences et les techniques. D'un point de vue épistémologique, la relation entre la société et les sciences a évolué. Dans l'ouvrage *Sciences, techniques et société* (2013), Christophe Bonneuil et Pierre-Benoît Joly retracent cette évolution. Le rappeler nous permet de poser notre objet de recherche.

À la sortie de la Seconde Guerre mondiale, et avec le développement de la Guerre froide, de nombreuses innovations technologiques ont été mises en place, parmi lesquelles, la bombe atomique, le nylon ou l'informatique. Dans ce contexte il est recherché, notamment de la part des scientifiques, une certaine forme d'autonomie vis-à-vis des pouvoirs. Robert K. Merton propose alors en 1942 plusieurs « normes » de la science, afin de définir un modèle scientifique³². Il en découle ainsi un certain consensus sur le modèle scientifique, la voyant comme une activité à part du social, régi par ses propres normes. La vision de la science était également positiviste, cette dernière étant vue comme un outil rationnel de gestion de la société. Cependant cette vision et ces postulats ont été remis en cause dans les années 1960-1970 par un certain nombre

32 Merton définira quatre normes pour la science. Le communalisme, c'est-à-dire que la science doit servir le bien commun. L'universalisme, c'est-à-dire que le jugement d'une proposition scientifique ne doit pas dépendre d'attributs sociaux ; le désintéressement, c'est-à-dire un système de contrôle recomposant les résultats scientifiquement valides ; le scepticisme organisé, c'est-à-dire la mise en place d'une organisation critique des résultats et pouvant être discutée, se manifestant notamment à travers la revue par les pairs.

d'auteurs, tels que Lewis Mumfort, Jacques Ellul ou Michel Foucault. Ces derniers remettent en cause la neutralité des sciences, en proposant un autre modèle d'analyse, le constructivisme social. Ces auteurs considèrent que la science et la technique sont le fruit de constructions sociales et culturelles et sont des structures politiques contraignant les choix de société. Le constructivisme social est critiqué dans les années 1970-1980 à travers la théorie de l'acteur-réseau (ou ANT pour *Actor-Network Theory* ou encore sociologie de la traduction), une approche développée par Michel Callon, Bruno Latour et Madeleine Akrich (Callon 1986; Akrich et al. 2013). Ces auteurs critiquent la construction du « tout social », et proposent d'étudier l'innovation technologique sous le prisme d'une coévolution entre le social et la technique, en adoptant la perspective d'une construction sociale de la technologie.

Cela passe notamment, selon Madeleine Akrich (2013, p. 111), par le développement d'un savoir pratique, mais également influencé par les comportements et habitudes des utilisateurs de l'objet, qui s'inscrit de ce fait dans un contexte. Ainsi, l'innovation technologique n'est pas le fruit de calculs froids rationnels d'optimisation, en dehors de toutes influences sociales, mais est, au contraire, le fruit d'une coévolution entre des comportements, habitudes et héritages culturels et des choix techniques. L'autrice prend ainsi l'exemple du développement de tiges de coton devant être utilisées à des fins énergétiques au Nicaragua. Elle explique alors différentes phases de développement de la technologie, qui doit s'adapter tant à des contextes techniques (spécificités des tiges de cotons), mais aussi au contexte social et politique, avec certaines parties du pays se trouvant en zone de guerre. L'autrice démontre ainsi qu'il y a une coévolution du social et de la technique. Ainsi, l'innovation technologique est contrainte par un contexte politique de guerre et de pénurie de main-d'œuvre et de pièces de rechange, incitant à modifier la technique. On peut adapter ce raisonnement dans le cas de la géothermie. En effet, s'il y a des adaptations correspondant à des enjeux techniques, par exemple en s'adaptant à des contextes géologiques, on retrouve aussi une

coévolution du social, où la localisation des sites n'est pas seulement dictée par la présence d'une ressource, mais également par la présence de sociétés humaines qui peuvent inciter – à travers une politique énergétique favorable –, ou au contraire décourager, – en contestant les projets –, ce type de technologie près de chez elles. Ce changement de localisation peut modifier certaines techniques de forage et d'extraction, du fait de sites moins favorables à ce type d'activités.

Cette influence sociale peut également passer à travers la mise en place de controverses technologiques. Pour Michel Callon (2013b), la controverse révèle, en effet, les négociations et les débats autour de choix techniques, mais aussi les mécanismes qui tendent à imposer certaines solutions plutôt que d'autres. Au-delà de choix rationnels techniques (telle solution serait objectivement meilleure pour telle ou telle raison), les controverses peuvent montrer des rapports de forces, jeux d'alliances et d'oppositions entre plusieurs acteurs, suivant des logiques sociotechniques et techniques. Les controverses peuvent également être ravivées par l'arrivée de nouveaux acteurs.

Les controverses s'inscrivent dans le contexte d'une intensification de l'apparition d'objets nouveaux, donnant un poids important à l'expertise (Bonneuil, Joly 2013). Il est attendu des experts de trancher, dans l'urgence, des problèmes en s'appuyant sur leur expertise scientifique. Christophe Bonneuil et Pierre-Benoît Joly montrent ainsi que derrière une façade d'indépendance et de technicité de l'expertise, il existe des dimensions politiques, du fait que l'expert a un statut hybride, devant examiner la réalité sous le prisme scientifique (dimension scientifique), tout en permettant d'aider à la prise de décisions (dimension politique). Ainsi, le rôle de l'expert est de fournir un avis scientifiquement fondé, en « traduisant » des connaissances scientifiques en mise en action (Paradeise 1985). Cela questionne le rôle de l'expertise scientifique, et de son pouvoir au sein d'un système démocratique. Cette question est traitée par les STS, avec un débat vif sur la place de l'expertise au sein de la démocratie, et de la relation entre les savoirs et le pouvoir. Ainsi, est questionnée la place de « savoirs profanes », c'est-à-

dire non issus de recherches scientifiques, vis-à-vis de « savoirs experts ». Si certains auteurs, à l'instar de Harry Collins et de Robert Evans (2002), plaident pour une certaine étanchéité, ou du moins à une certaine vigilance afin d'éviter de tomber dans une forme de relativisme, d'autres auteurs, à l'instar de Sheila Jasanoff, plaident pour un renforcement de l'expertise et de la démocratie pour permettre de trouver un équilibre entre pouvoir et connaissance : « *Nous avons besoin à la fois d'une démocratie forte et d'une bonne expertise pour gérer les exigences de la modernité, et nous en avons besoin en permanence. La question est de savoir comment intégrer les deux dans des contextes différents de manière à parvenir à un équilibre humain et raisonné entre pouvoir et savoir, entre délibération et analyse* » [traduction]³³ (Jasanoff 2003, p. 398). Cette question de l'expertise est d'autant plus vraie lorsque l'on touche au sous-sol. La compréhension du sous-sol se faisant par le truchement de la technique, les enjeux peuvent être parfois « confisqués » par un débat d'experts, alors qu'ils pourraient nécessiter d'élargir les types d'acteurs, permettant ainsi de dépasser un cadrage purement technique.



Les STS sont ainsi un champ riche, permettant d'étudier la relation entre les sciences, les techniques et les sociétés. Cette relation a évolué au fil des décennies, avec une remise en question d'une science neutre et en dehors de la société, et allant vers une co-construction des sciences et des techniques. Ainsi, si l'innovation est le fait d'une co-évolution entre une dimension sociale et une dimension technique, elle peut faire l'objet de controverses, révélant ainsi des rapports de force et du politique. Dans les parties suivantes, nous nous intéresserons plus en détail à la construction d'objets sociotechniques, mais aussi à leur mise en débat et à leur saisissement par les différentes sphères sociales et politiques.

33 « *We need both strong democracy and good expertise to manage the demands of modernity, and we need them continuously. The question is how to integrate the two in disparate contexts so as to achieve a humane and reasoned balance between power and knowledge, between deliberation and analysis* »

2.2. Sociologie de la traduction : une mise en réseau des humains et des non-humains

L'étude des controverses sociotechniques et la fabrication d'objets techniques peuvent être décrites sous le prisme de la sociologie de la traduction. Dans un article célèbre (1986), Michel Callon identifie différentes étapes de « traduction », c'est-à-dire la mise en réseau de différents acteurs et actants afin d'en faire un objet intelligible.

Une première phase d'identification des différents acteurs est opérée. Cette identification passe à travers la formulation de problèmes, c'est-à-dire la définition de ce que recherchent les différents acteurs et actants. Si nous prenons l'exemple (fictif) d'un projet de géothermie qui doit alimenter un réseau de chaleur urbain, la problématisation passe à travers la question de la recherche d'une ressource calorifique dans le sous-sol. Les différents acteurs vont chercher à définir leur problématique. Pour les industriels, l'enjeu est d'arriver à exploiter cette ressource de manière rentable. Pour les élus, l'enjeu est de proposer une énergie bon marché, ou du moins plus intéressante économiquement que le modèle précédent. Pour les géoscientifiques pouvant travailler sur ces projets, l'enjeu est d'étudier la circulation de fluides dans le sous-sol, afin d'accroître leurs connaissances scientifiques. Pour l'actant « eau chaude souterraine », et sans faire d'anthropomorphisme, l'enjeu est de pouvoir continuer à circuler. Dans un second temps dans cette phase d'identification, il est cherché des « points de passage obligés », c'est-à-dire ce que les acteurs doivent réaliser afin d'obtenir une réponse à leur problématisation, en surmontant des obstacles, et en passant notamment par la création d'alliances.

La seconde phase est la mise en place de dispositifs d'intéressement et des modalités d'alliances. L'enjeu pour un acteur est d'imposer et de stabiliser une problématisation auprès des autres acteurs. Un des leviers pour y arriver est l'intéressement, c'est-à-dire une négociation des modalités de l'alliance. Dans notre cas de la géothermie, cela se manifeste à travers le choix de procédés techniques particuliers, par exemple une

forme de puits, ou des méthodes de forages. Cela passe à travers un travail de justification des géoscientifiques vis-à-vis de l'industriel concernant l'intérêt économique de ce procédé. L'industriel, quant à lui, doit pouvoir justifier auprès des élus que cela permettra d'arriver à un coût de revente satisfaisant.

La troisième phase est l'enrôlement, c'est-à-dire la définition et la coordination des rôles. C'est une phase de négociations devant aboutir à une alliance. Dans le cas de l'eau chaude souterraine, cela passe par une adaptation de puits, pour permettre une captation de l'eau, et d'optimiser la récupération de la chaleur. Dans le cas des élus, ils sont dans une position d'attente des résultats des industriels.

La quatrième et dernière phase est la mobilisation des alliés et le choix de porte-paroles représentatifs. L'enjeu est de réduire le nombre d'interlocuteurs, tout en garantissant leur représentativité. Cela a lieu via un certain nombre d'étapes « d'intermédiaires et d'équivalences » pour désigner un porte-parole, au travers d'élections par exemple. L'enjeu est de permettre une mobilisation, c'est-à-dire de permettre qu'ils puissent agir dans un but commun, à travers la mise en place d'un réseau et de liens contraignants. Par exemple, le maire pourra parler au nom de son conseil municipal. Néanmoins, la traduction, c'est-à-dire ce processus de choix de porte-parole, peut générer des controverses et remettre en question la représentativité d'un porte-parole. Cela peut ainsi remettre en question l'organisation mise en place jusque-là.

Ainsi, la sociologie de la traduction montre le processus de construction et de transformation progressives d'une organisation, en s'intéressant aux enjeux de « négociations » entre différents acteurs et actants, à travers leurs interactions. Dans le cas de la géothermie, nous voyons que les différents acteurs vont faire valoir leurs intérêts pouvant modifier le projet. Ainsi, les contraintes techniques de la géologie, la recherche d'une énergie bon marché par les élus et d'une rentabilité par les industriels, peuvent

conduire à des changements dans le développement du projet, par exemple en modifiant la forme du puits.

Bien que ce cadre théorique apporte un certain nombre d'éléments intéressants, plusieurs auteurs ont proposé un certain nombre de limites à l'ANT, qu'il est nécessaire d'avoir en tête, au risque de perdre une certaine complexité et d'essentialiser nos terrains, afin de conserver les apports de la *Political Ecology* dans ce domaine.

Michel Grosseti (2007) identifie les limites de la symétrie. En effet, selon lui, Bruno Latour a apporté des propositions intéressantes, notamment en intégrant les actants, c'est-à-dire les non-humains. Cependant, M. Grosseti reproche la mise en équivalence au sein de réseaux, des humains et des non-humains. De même, si des humains peuvent appréhender directement des relations humaines, à travers notamment le langage, l'appréhension des objets non-humains passe par une « traduction », sous la forme de description humaine. Ainsi, l'exercice de symétrie proposé par l'ANT se trouve bloqué par l'asymétrie entre humains et non-humain. M. Grosseti voit plusieurs types de solutions pour conserver cette symétrie. Une première solution est de transformer les humains en ressources, comme l'a fait Michel Callon, et d'y décrire les processus d'intéressement. Néanmoins, le réseau perd sa dimension structurelle, pour n'être qu'un ensemble de relations autour d'un point. Une autre solution, pour intégrer les non-humains, serait de refuser les associations entre humains, mais cela reviendrait à omettre les relations sociales, pourtant au fondement de la sociologie. M. Grosseti propose de sortir de cette aporie en réservant la notion d'acteur aux humains, produisant discours et histoires, et de considérer les non-humains comme des ressources pouvant se transformer en fonction des contraintes ou des enjeux.

Pour Michel Dubois (2017), cette théorie est parfois mal comprise, conduisant ainsi à une « routinisation », invisibilisant les débats critiques. L'auteur critique son utilisation pour l'étude des objets non techniques, apparue à travers une « nouvelle » généra-

tion de chercheurs (ceux rentrés dans le monde académique entre 1990 et 2005). Il y a alors « routinisation » consistant à une description simple des acteurs, en oubliant ce qui faisait l'originalité de Bruno Latour et Michel Callon, c'est-à-dire l'identification d'un problème irrésolu et la recherche d'une solution inédite. L'auteur pointe également une invisibilisation du débat critique concernant l'ANT, empêchant de ce fait une progression méthodologique dans les enquêtes ou l'énonciation des hypothèses, conduisant ainsi au risque de routinisation évoqué.

Nous intégrons ainsi ces différentes critiques, afin d'éviter, au maximum, ces écueils au sein de notre cadre théorique. Si certains éléments sont intéressants au sein de l'ANT, notamment l'idée de différents groupes sociaux devant négocier pour parvenir à modifier des projets, il est nécessaire de prendre en compte les (nombreuses) critiques. Nous ferons ainsi attention à ne pas faire d'anthropomorphisme sur les actants, notamment sur les objets techniques ou sur le sous-sol. Notre approche sera ainsi d'aborder ces actants sous l'angle des discours portés par les différents acteurs humains. Néanmoins, nous tâcherons d'éviter l'aporie développée par Michel Dubois, en nous intéressant à des objets techniques, les centrales géothermiques, qui connaissent des difficultés de déploiement, que nous détaillerons dans la suite de cette thèse. Nous tenterons d'adopter une approche critique de ce déploiement, et de ne pas nous contenter d'une simple description.

2.3. Vers une démocratie technique ? Une discussion sur la place publique des technologies

L'innovation technologique est, nous l'avons vu, influencée par le social. La technologie peut être ainsi discutée et faire l'objet de controverses, controverses auxquelles la géothermie n'échappe pas. Ces dernières ont souvent comme objectif de circonscrire les externalités négatives d'une technologie, notamment les risques, de manière crédible et légitime (Callon, Lascoumes, Barthe 2001, p. 37). La question du risque nécessite

d'identifier un danger, c'est-à-dire un évènement descriptible, dont on sait qu'il peut potentiellement se produire. Cela conduit les décideurs à élaborer des scénarios permettant de voir à quel point un évènement peut interférer avec le projet, les effets et les différentes options possibles pour éviter ou mitiger ce risque. Néanmoins, il se peut que l'on soit en régime d'incertitude, c'est-à-dire qu'il soit impossible d'identifier l'ensemble des options possibles et de les décrire. De ce fait, il est impossible d'anticiper les conséquences des choix, et donc de faire ces choix. Les auteurs définissent ainsi l'incertitude comme « *On sait qu'on ne sait pas, mais c'est à peu près tout ce que l'on sait* » (Callon, Lascoumes, Barthe 2001, p. 41).

Ces controverses ont lieu dans des espaces que Michel Callon, Pierre Lascoumes et Yannick Barthe (2001) nomment des « forums hybrides ». Ces espaces sont définis comme des espaces ouverts au débat de choix techniques (reprenant la notion de forum), mais aussi regroupant une hétérogénéité de groupes et de porte-paroles, avec des experts, des politiques, des techniciens, des citoyens (hybrides) (2001, p. 37). Les controverses portent notamment sur l'incertitude, dans les zones d'ombre, en cherchant à améliorer leur compréhension, afin de prendre des décisions. Les auteurs voient la controverse comme une dialectique entre la recherche scientifique, qui pousse à accroître les connaissances, et les reconfigurations sociales, c'est-à-dire les relations entre les différents acteurs (Callon, Lascoumes, Barthe 2001, p. 51). L'objectif de la controverse est ainsi de trouver la meilleure solution possible, en permettant de « *concevoir et d'éprouver des projets et des solutions qui intègrent une pluralité de points de vue, de demandes et d'attentes. Cette prise en compte, qui passe par des négociations et des compromis successifs, enclenche un processus d'apprentissage* » (Callon, Lascoumes, Barthe 2001, p. 61). Ce processus d'apprentissage favorise en effet, en permettant des échanges entre des spécialistes et des non-spécialistes, la réduction du fossé entre les deux catégories d'acteurs, et la potentielle position ascendante du premier groupe sur le second, du fait que chacun possède des savoirs spécifiques. Ces forums hybrides sont le fruit de « pro-

« procédures dialogiques », c'est-à-dire des échanges entre les différents protagonistes. Les auteurs identifient un certain nombre de critères pour leur réussite, insistant sur l'ouverture des débats à une diversité des groupes représentés, mais également la capacité des acteurs à déployer des argumentations solides, avec des interventions durables. Ces débats peuvent se manifester à travers diverses procédures. Nous pouvons citer les *groupes de discussion*, à travers une discussion libre sur un sujet, par exemple dans le domaine de la santé ; les *enquêtes publiques, débats publics, comités locaux d'information et de consultation*, qui sont régies par des règles codifiées ; les *conférences de consensus* ou conférences citoyennes, dont l'objectif est d'éclairer un décideur sur un dossier technique avec des incertitudes. Ces différents exemples présentent des degrés différents de procédures dialogiques.

Si ces procédures dialogiques ont pour objectif la prise de décision, il est difficile de trancher dans un contexte d'incertitude. Ainsi, dans ce contexte, le *principe de précaution* peut être mis en œuvre, c'est-à-dire en recherchant une solution proportionnée et économiquement supportable à une situation susceptible de générer des dommages graves (Callon, Lascoumes, Barthe 2001, p. 351). Ainsi, pour les auteurs, l'évaluation des dangers doit être réalisée avec l'ensemble des acteurs concernés, experts comme profanes, afin de permettre d'explorer l'ensemble des possibilités (Callon, Lascoumes, Barthe 2001, p. 363). Pour les auteurs, le choix des mesures doit correspondre à trois critères : 1) elles doivent tenir compte de l'évolution des connaissances scientifiques, afin de réduire le risque ; 2) elles doivent prendre en considération le moyen et le long terme, tels que les effets de la radioactivité ou les transformations des écosystèmes ; 3) elles doivent analyser les conditions de leurs mises en œuvre (Callon, Lascoumes, Barthe 2001, p. 365-367). Les auteurs exposent deux modèles de décisions (Callon, Lascoumes, Barthe 2001, p. 372) : les choix « tranchants », c'est-à-dire une prise de décision traditionnelle, à un moment unique, faite par un acteur légitime, et clôturée par une autorité scientifique ou politique ; au contraire, les « enchaînements de rendez-vous »

sont des décisions dans un contexte d'incertitude. Ces derniers se manifestent à travers une activité itérative de succession et d'accumulation de décisions, engageant un réseau d'acteurs divers, et dont les décisions sont réversibles et ouvertes à de nouveaux enjeux ou de nouvelles informations.

La démocratie technique est un mécanisme intéressant dans l'étude des controverses sociotechniques. En effet, elle permet, sous la forme d'institutions, de mettre en dialogue des spécialistes et des non-spécialistes. À travers la mise en place d'un système délibératif, il est fait des choix répondant à de nombreuses dimensions, tant sociales que techniques, le tout dans un contexte d'incertitude. Dans le cas de la géothermie, la démocratie technique est d'autant plus importante. En effet, du fait de la nature particulière du sous-sol, le risque d'incertitude est présent. En effet, de nombreux risques y sont craints, notamment le risque sismique, qui, par définition, est impossible à prévoir. Les populations en surface vont alors chercher à se « protéger » des conséquences du sous-sol, à travers une sécurisation. Une des manières de sécuriser est de définir les risques qui sont acceptables et ceux qui ne le sont pas. C'est bien sûr, le fruit de compromis entre les habitants et les industriels, et où il est défini un curseur entre la recherche d'une ressource en profondeur et les enjeux de sécurité. Si ces questions sont le plus souvent réglées lors d'enquêtes publiques, il peut exister des instances dialogiques plus ouvertes à ces échanges. Dans les chapitres suivants, nous allons parler plus en profondeur du cas d'un exemple de forum hybride qui s'est mis en place à Strasbourg, à la suite d'une série de séismes induits, et où il a été défini les risques acceptables et les conditions d'exploitation de la géothermie.



L'innovation technologique est le fruit d'une construction tant sociale que technique. S'il existe de nombreux outils pour analyser cette innovation, nous avons fait le choix de la sociologie de la traduction, qui permet d'étudier la manière dont une technologie est saisie par divers groupes sociaux. Cependant, la technologie peut faire parfois l'objet de controverses. Il naît alors des espaces d'échanges, sous forme de démocratie technique, permettant des échanges entre des spécialistes et des non-spécialistes, afin d'arriver à une investigation de la réalité, et de prendre des décisions.

Comme nous avons pu le voir dans cette partie, la technique peut être étudiée sous l'angle du politique. Ainsi, il peut être intéressant de l'étudier sous l'angle de la régulation. En effet, la construction sociotechnique de projets industriels fait rentrer une myriade d'acteurs, extrêmement diversifiés. En changeant d'échelle, en passant de l'échelle du projet à l'échelle plus large, nous voyons que les projets s'inscrivent dans un contexte de transformation de relation entre l'État, l'industrie, et le sous-sol. La transformation de cette relation va influencer les choix technoéconomiques, influencés par le politique, à travers les choix de régulation du sous-sol.

3. La régulation du sous-sol en question

Le sous-sol, en tant que milieu, fait l'objet de régulation de la part des États, définissant ainsi les règles d'usages pour les différents acteurs. Cette régulation est influencée par différents cadrages, qui peuvent entrer en concurrence. Cette concurrence entre différents cadrages permet à leurs énonciateurs de convaincre d'autres personnes, afin d'imposer une priorisation de certains enjeux par exemple, comme pousser le développement de la géothermie au sein des régimes énergétiques. Finalement, nous verrons comment des choix de structuration politiques influencent la régulation du sous-sol, en comparant la France et la Suisse.

3.1. Le cadrage des politiques publiques : une approche discursive

En se fondant sur les approches discursives, on s'intéresse à l'argumentation qu'ont les différents acteurs, c'est-à-dire à la justification du cadrage, du choix des enjeux jugés prioritaires et de leur traitement, au sein de politiques publiques. De ce fait, les approches discursives s'intéressent aux connaissances mobilisées par les acteurs au sein des situations dans lesquelles ils évoluent (Durnova, Zittoun 2013, p. 569). Pour Anna Durnova et Philippe Zittoun, le discours n'est pas une simple variable explicative, mais est un élément clé de compréhension de construction des politiques publiques. Ainsi, le discours est vu comme un moyen d'appréhension et de transformation du réel. Le langage devient un instrument de pouvoir, en redéfinissant des positions, à travers la persuasion, l'inclusion ou l'exclusion d'acteurs, la définition d'autorités légitimes, etc. Si le langage peut définir le réel, ce dernier est, pour nos deux auteurs, lié aux pratiques sociales des acteurs, et est la manifestation des interactions.

Franck Fischer (2013) propose une analyse des politiques publiques sous l'angle des controverses. En effet, pour lui, il y a une construction sociale des projets techniques, qui s'inscrivent au sein d'un régime de valeurs et argumentatif. La construction des connaissances du monde social se fonde sur des valeurs orientant la perception de la réalité, et est « *le produit d'une logique dialogique qui la comprend comme le résultat d'une confrontation entre différentes interprétations dont le produit peut être une synthèse constructive conduisant à une nouvelle compréhension intersubjective* » (Fischer 2013, p. 589). Autrement dit, à travers le discours entre différents individus, la connaissance est recherchée au sein d'une dialectique où s'affrontent divers arguments. De ce fait, pour l'auteur, le consensus a souvent lieu au sein d'un même cadre normatif, c'est-à-dire au sein d'un régime argumentatif et de valeurs particulières. Ainsi, il propose plutôt de regarder les controverses, c'est-à-dire le moment où se confrontent des idées, ce qui donne une

nouvelle dimension au consensus, le consolidant, car éprouvé par des arguments de différents cadrages.

Cependant, au-delà du contenu des discours et des arguments, il est nécessaire d'étudier le contexte. Pour Philippe Zittoun (2013, p. 634), la question du contexte est tout aussi importante. En effet, l'objectif d'un argumentaire est, pour un énonciateur, de convaincre son interlocuteur. L'objectif est ainsi de constituer des « alliances », afin de donner une direction, un « poids » à un discours, et rendre plus efficace une action. Joseph Szarka (2004) propose un exemple éclairant. Dans le cadre de débats concernant le développement des éoliennes, la « rationalité scientifique du climat » a été mobilisée par différents acteurs afin d'arriver à leurs fins. Ainsi, une « coalition de défense » a été mise en place par un groupe d'intérêts regroupant divers industriels (des compagnies d'électricité, des fabricants de turbines, etc.) et des représentants de la société civile, comme des organisations environnementales. Cette coalition d'acteurs a donné une crédibilité, une légitimité à un discours, qui a permis le soutien du gouvernement. Certaines innovations peuvent être ainsi légitimées ou délégitimées selon les narrations mises en œuvre et la capacité de différents acteurs à convaincre (Rosenbloom, Berton, Meadowcroft 2016).

Un exemple éclairant est le cadrage du sous-sol au sein des politiques publiques françaises (Mercier, Chailleux, Arnauld de Sartre 2021). Les différentes politiques publiques ont été cadrées pour l'extraction du pétrole et des ressources minières, avec une organisation de l'appareil étatique autour de cette question. Le discours d'alors, après la Seconde Guerre mondiale, était la recherche d'une indépendance, une souveraineté, une autonomie dans l'approvisionnement en ressources fossiles. Ce discours a conduit à la création, par l'État, de différentes sociétés d'exploration et d'exploitation pétrolière, et a justifié les investissements consentis dans ces entreprises. Néanmoins les controverses autour de la fracturation hydraulique, à la suite d'une volonté d'exploiter du gaz du schiste, ont redéfini le cadrage du sous-sol, remettant en cause une filière

fragilisée par ailleurs, ainsi que les priorités de l'État concernant l'usage du sous-sol. On voit ainsi que le sous-sol a été cadré pour l'usage du pétrole ou des mines, mais peu pour le développement des énergies renouvelables, du fait que les promoteurs ont moins de poids pour ces dernières que face aux hydrocarbures.

L'approche discursive permet ainsi de s'intéresser à l'argumentaire mis en œuvre par différents acteurs. L'enjeu pour ces derniers est de convaincre d'autres acteurs de constituer des « alliances », des « coalitions discursives », afin d'imposer un cadrage, c'est-à-dire de définir le problème et les enjeux prioritaires. Des luttes symboliques ont ainsi lieu, dans lesquelles des cadrages de politiques rentrent en concurrence avec d'autres politiques. Ce cadrage peut avoir des effets sur le long terme, en donnant une inflexion à des trajectoires sociotechniques. Si certains cadrages se font à l'échelle micro dans les trajectoires, comme le choix d'une technologie ou d'une autre, ils peuvent également jouer un rôle plus structurel, à travers l'organisation de l'appareil d'État, re-définissant ainsi la relation avec le sous-sol.

3.2. Une différence d'échelle de régulation du sous-sol entre la France et la Suisse

Il peut être intéressant de regarder les différences de paradigmes entre la France et la Suisse. En effet, ces deux pays ont choisi des modèles distincts de régulation du sous-sol, en fonction de l'héritage tiré de leur structure politique. Si la France est un pays où le pouvoir est centralisé, la Suisse est au contraire un pays fédéral, et ayant la réputation d'une démocratie plus directe, avec des pouvoirs importants donnés aux échelons subsidiaires.

La France est historiquement un pays centralisé. Cela se manifeste à travers la régulation du sous-sol, codifiée dans le Code minier. De ce fait, les ressources du sous-sol appartiennent à l'État. En effet, selon l'article L100-3 du Code minier, « *les substances minérales ou fossiles assujetties au régime légal des mines n'appartiennent pas au propriétaire du sol*

et sont administrées par l'État ». Cela induit que la recherche et l'exploitation d'une ressource ne se font qu'après autorisation de l'État. La recherche d'une ressource du sous-sol, par exemple une ressource minière comme des hydrocarbures, des minerais ou de la chaleur (pour le cas de la géothermie), est soumise au régime des mines. Cela signifie que l'attribution du *permis exclusif de recherche*, c'est-à-dire d'un droit exclusif de prospection attribué à une société, est faite par arrêté du ministère en charge des mines. Il est donné pour cinq ans, deux fois renouvelable, cinq ans à chaque fois. Concernant la géothermie, avec la réforme du Code minier et notamment l'ordonnance n° 2019-784 du 24 juillet 2019, il est également donné le choix au porteur d'un projet de géothermie de choisir une autorisation de recherche, délivrée par le préfet³⁴. Concernant la concession, c'est-à-dire le droit pour une entreprise d'exploiter une ressource, on retrouve des mécanismes similaires. Par exemple, pour un projet de géothermie, selon la puissance primaire d'exploitation, il est demandé, en deçà d'un seuil (20 MW thermiques) un permis d'exploitation délivré par la préfecture, et, au-delà, une concession délivrée par le Conseil d'État, pour une durée fixée à cinquante ans, renouvelable. Dans les deux cas, on voit que c'est l'État central, ou son représentant, le préfet, qui autorise l'usage du sous-sol. On est ici dans un modèle d'État unitaire, c'est-à-dire centralisé, où l'usage du sous-sol est régi et géré à l'échelon national.

Au contraire, la Suisse est un pays décentralisé, où le principe de subsidiarité est mis en œuvre. Cette subsidiarité résulte d'une recherche de compromis en 1848 entre les protestants, favorables à un État national fort, et une minorité catholique qui souhaitait conserver une souveraineté cantonale (Linder, Vatter 2001). Il en résulte un compromis dans la répartition des pouvoirs, avec la constitution d'une « fédération amoindrie », avec une forte autonomie des cantons, et une répartition des pouvoirs verticaux.

34 Nouvelle réglementation pour la géothermie profonde | Geothermies, 2020. *Geothermies.fr* [en ligne]. [Consulté le 24 juin 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.geothermies.fr/actualites/news/nouvelle-reglementation-pour-la-geothermie-profonde>

Au cours du XX^e siècle, la structure du pouvoir vertical est répartie de manière proportionnelle entre quatre partis majoritaires, donnant lieu à une forme de démocratie consensuelle. Selon Wolf Linder et Adrian Vatter, le gouvernement fédéral contrôle un tiers des revenus et des dépenses publiques, contre deux tiers pour les cantons et les communes. Néanmoins, ces dernières jouent un rôle important dans la mise en œuvre des programmes fédéraux. De ce fait, chaque canton possède sa propre législation en matière de sous-sol. Il existe ainsi vingt-six législations différentes, soit autant que de cantons. Ces dernières doivent cependant être compatibles avec les orientations fédérales. La géothermie est dans un cas particulier. En effet, si, comme nous l'avons vu dans le chapitre 1, le développement des énergies renouvelables relève de la compétence des cantons, la Confédération se limitant à prononcer des principes, le développement de la géothermie est dans un entre-deux, comme l'expose Étienne Grisel (2020). En effet, une initiative citoyenne avait été déposée en 2018, afin d'introduire dans la Constitution jurassienne l'interdiction de l'exploitation de la géothermie profonde sur le territoire cantonal jurassien. Néanmoins, la Cour constitutionnelle, à l'échelle fédérale, a rappelé que les cantons ne pouvaient pas légiférer dans les domaines de compétences de la Confédération. Autrement dit, puisque l'échelon fédéral avait mis en œuvre le principe de transition énergétique, à travers notamment le déploiement de projets de géothermie profonde, le canton ne pouvait pas s'opposer à cela. Néanmoins, le Tribunal fédéral a jugé que le canton pouvait régler les conditions d'autorisation pour l'installation de projets de géothermie. Cela s'est manifesté à travers la mise en place d'un « plan spécial cantonal », qui a installé un cadre législatif *ad hoc* pour l'exploitation du sous-sol, du fait de l'absence d'une législation préexistante adéquate. Cet exemple montre ainsi les relations complexes autour de la régulation du sous-sol en Suisse, à travers la double contrainte d'un système de subsidiarité, donnant des pouvoirs de législation à l'échelle locale, et la volonté de mettre en place de grandes orientations de développement, décidé à l'échelle nationale.

On voit ainsi une différence dans le cadrage des deux pays, reflétant des choix d'organisation propre. La France est ainsi un pays centralisé, où l'usage du sous-sol est géré par l'État central ou à travers un de ses représentants, le préfet. La Suisse, quant à elle, est un pays fédéral, où la question de la subsidiarité fait partie intégrante de l'organisation du pays. Néanmoins, cette subsidiarité est limitée concernant la question du sous-sol, notamment pour un usage géothermal. En effet, si, contrairement à la France, la législation du sous-sol est une question cantonale, on voit néanmoins, à travers le contentieux présenté, qu'elle est soumise à des objectifs fixés à l'échelle fédérale.



Le sous-sol fait l'objet, en tant que milieu de régulation, de luttes entre différents cadrages, c'est-à-dire divers discours et cadres d'actions associés. L'adoption de l'approche discursive permet ainsi d'étudier les luttes entre les différents cadrages. En effet, le discours permet la construction de politiques publiques, dans lesquelles des acteurs vont chercher à convaincre d'autres acteurs de la pertinence de leur cadrage, des choix de priorités, de la définition des problèmes. À travers ces discussions, qui s'inscrivent au sein d'un contexte particulier, il va ainsi s'imposer une narration qui influence des politiques publiques, et donc des trajectoires sociotechniques. Cependant, si certains cadrages se font à l'échelle micro, à travers le développement d'une technologie, il peut également exister des cadrages plus ancrés, comme l'organisation politique d'un pays. En comparant la France et la Suisse, nous voyons des organisations différentes de la régulation du sous-sol, qui est géré par des acteurs d'échelles différentes. Cela a ainsi des conséquences dans le développement de la géothermie.

On peut donc s'interroger sur les mécanismes de régulation d'une technologie en émergence. En effet, l'émergence d'une technologie induit qu'il n'existe pas encore une cristallisation des différents cadrages qui se mettent en place. Différents choix sont ainsi faits, et des cadrages vont s'imposer peu à peu. Dans la partie suivante, nous pro-

posons un cadre d'analyse permettant d'étudier ces technologies en émergence, en intégrant, notamment, la question des différents cadrages portés par les acteurs gravitant autour de ces projets.

4. Proposition d'un cadre d'analyse

Les différents projets d'énergie renouvelables s'inscrivent dans des réalités territoriales, en mobilisant des ressources économiques et écologiques (Labussière, Nadaï 2015, p. 28), mais aussi le développement d'une technologie sur un territoire est le fruit d'une coévolution avec une réalité sociale (Akrich 2013; Callon 1986). Autrement dit, l'évolution d'une technologie répond tant à des impératifs techniques (faisabilité d'un procédé ou un autre), qu'à un contexte social et spatial particulier dans lequel elle s'inscrit. On s'intéresse ainsi à cette spatialisation et cette territorialisation de ces technologies.

On retrouve ces différents éléments au sein de la géothermie. C'est un objet technique particulièrement complexe, nécessitant une ingénierie importante pour son déploiement, notamment des contextes géologiques nouveaux, conditionnant ainsi la technique (géothermie volcanique, géothermie conventionnelle ou améliorée...) à des contextes locaux. En effet, ces objets techniques ont une dimension territoriale extrêmement forte. Ainsi, l'implantation d'une centrale géothermique dépend techniquement de conditions géologiques précises, qui ne sont trouvable que dans certains lieux donnés. Il y a de plus un fort chemin de dépendance, héritage des choix socio-techniques sur le long terme. La prospection pétrolière a permis une meilleure cartographie du sous-sol dans certaines régions, influençant parfois l'implantation de projets via l'existence d'archives. Cet objet est également spatialisé puisqu'il est dépendant de la matérialité de son lieu d'implantation, notamment du fait de la présence d'une ressource et son accessibilité. De même, la distribution du produit de la centrale (élec-

tricité et surtout la chaleur) est fortement locale, notamment à cause des déperditions thermiques.

Mais la géothermie est également un objet politique. Son portage est plus ou moins important selon le cadre de la politique de transition énergétique dans laquelle elle s'inscrit, et ce, à différentes échelles, allant de l'échelle du projet (local), à l'échelle nationale et européenne (projets de recherche, politiques publiques). C'est également un objet social, à travers l'appropriation de cette technologie par une multiplicité d'acteurs du territoire, tels que les associations environnementalistes ou les élus locaux. De plus, on retrouve des dynamiques particulières, avec l'apparition de nouveaux acteurs, notamment industriels, pour mettre en place ces projets, ou au contraire la reconversion d'acteurs historiques qui voient en la géothermie un moyen d'internaliser la critique écologique (pétroliers) et de s'ouvrir à de nouveaux marchés (énergéticiens).

Ces différents projets peuvent parfois faire l'objet de conflits, médiatisés ou larvés, ou parfois connaissent un développement sans remise en question. Nous partons du postulat que le conflit face à un projet ne signifie pas un échec, mais est le fruit de négociations entre différents acteurs (par la constitution d'alliances ou opposition) pour permettre une inflexion dans la mise en œuvre du projet, mais aussi pour imposer leur cadrage et leurs définitions sur des éléments clés (Callon 1986). Ce cadrage politique, qui promet une énergie renouvelable et locale, permet de justifier l'utilité de cette technologie, de manière analogue au stockage géologique de carbone (Chailleux, Arnauld De Sartre 2021).

Nous proposons ainsi d'étudier ces différents paramètres. Dans une première approche, nous proposons d'étudier l'interaction entre ces différents acteurs et actants à travers le modèle suivant (voir schéma n°3).

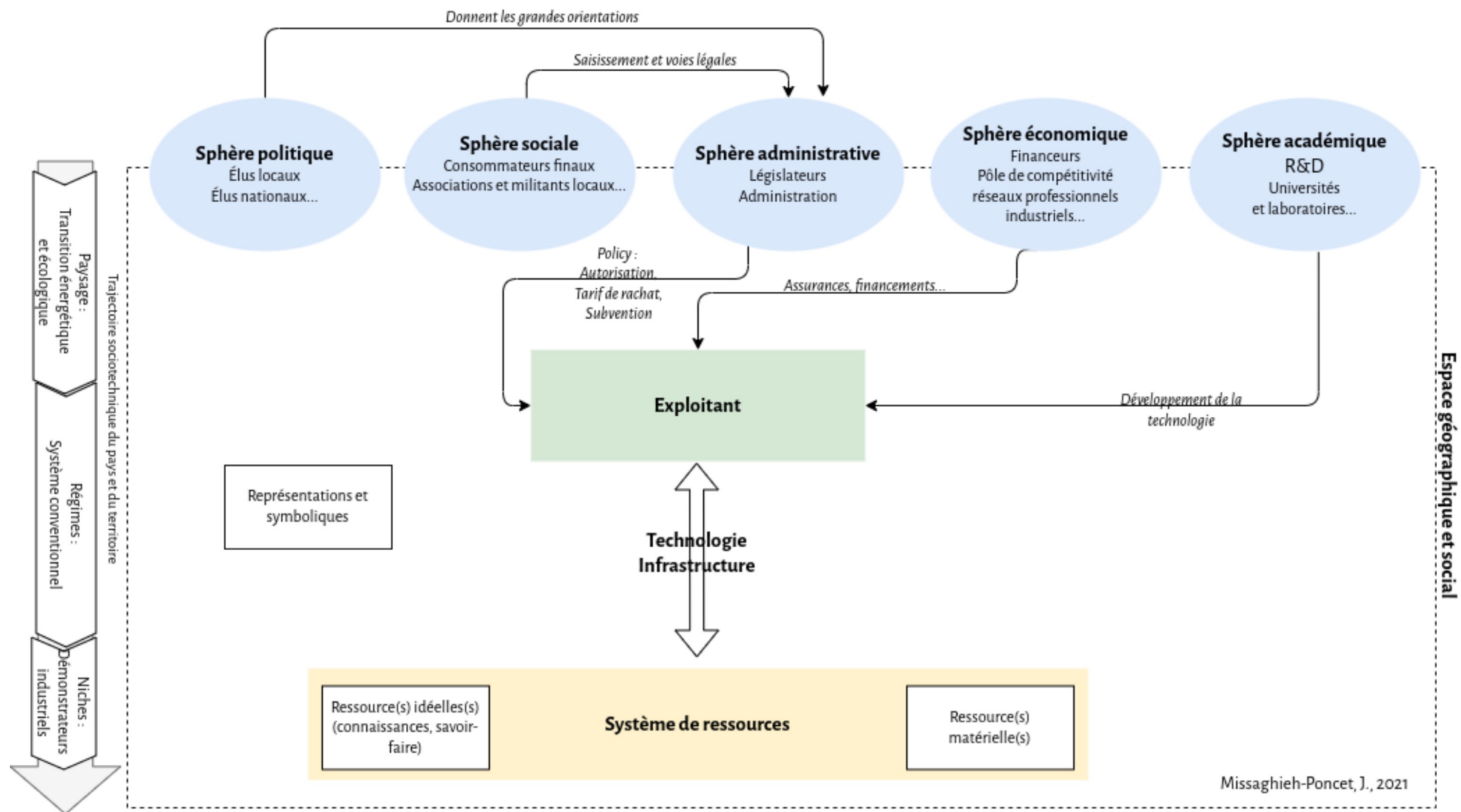


Figure 3: Schéma de territorialisation

Dans ce modèle, nous avons identifié un certain nombre de dimensions auxquelles il nous semble opportun de prêter attention.

- Une première dimension est le *système de ressources*, autrement dit le milieu « sous-sol », dans lequel est recherchée une ressource matérielle (chaleur, lithium, etc.). Ce milieu fait également l'objet de ressources idéelles qui se sont construites pour permettre son exploitation. Typiquement, on pourra y retrouver toutes les connaissances et les savoir-faire développés par les géosciences pour y permettre son exploitation. Nous mobilisons ici la *Political Geology*, pour comprendre les processus d'exploitation du sous-sol.
- La seconde dimension est la *technologie*, c'est-à-dire l'ensemble de l'appareillage technique pour exploiter une ressource (l'énergie calorifique du sous-sol). Cela peut inclure les puits, mais aussi les derricks nécessaires à leur confection, aux tuyaux, etc. On peut également inclure l'ensemble des appareils nécessaires à l'exploration du sous-sol, tel que les camions vibreurs, les différents capteurs, etc. Pour comprendre le développement de cette technologie, nous nous appuyons sur la théorie de l'acteur-réseau, et de manière plus générale, des STS.
- Une troisième dimension concerne les différents *acteurs* gravitant autour du projet. On aura d'une part l'*entité gestionnaire du projet*, c'est-à-dire l'acteur qui va mettre en place et gérer l'infrastructure d'exploitation. On aura également différentes parties prenantes, c'est-à-dire des personnes physiques ou morales ayant des liens formels ou informels, de manière volontaire ou non avec le projet (Shankman 1999). Nous les avons regroupées au sein de quatre « *sphères* », qui, bien qu'ayant des limites fluctuantes et parfois floues, nous permettent d'avoir une première approche de catégorisation. La *sphère « politique »* regroupe l'ensemble des élus. La *sphère « sociale »* va regrouper quant à elle l'ensemble des groupes sociaux, comme les associations ou collectifs, portant un intérêt (sou-

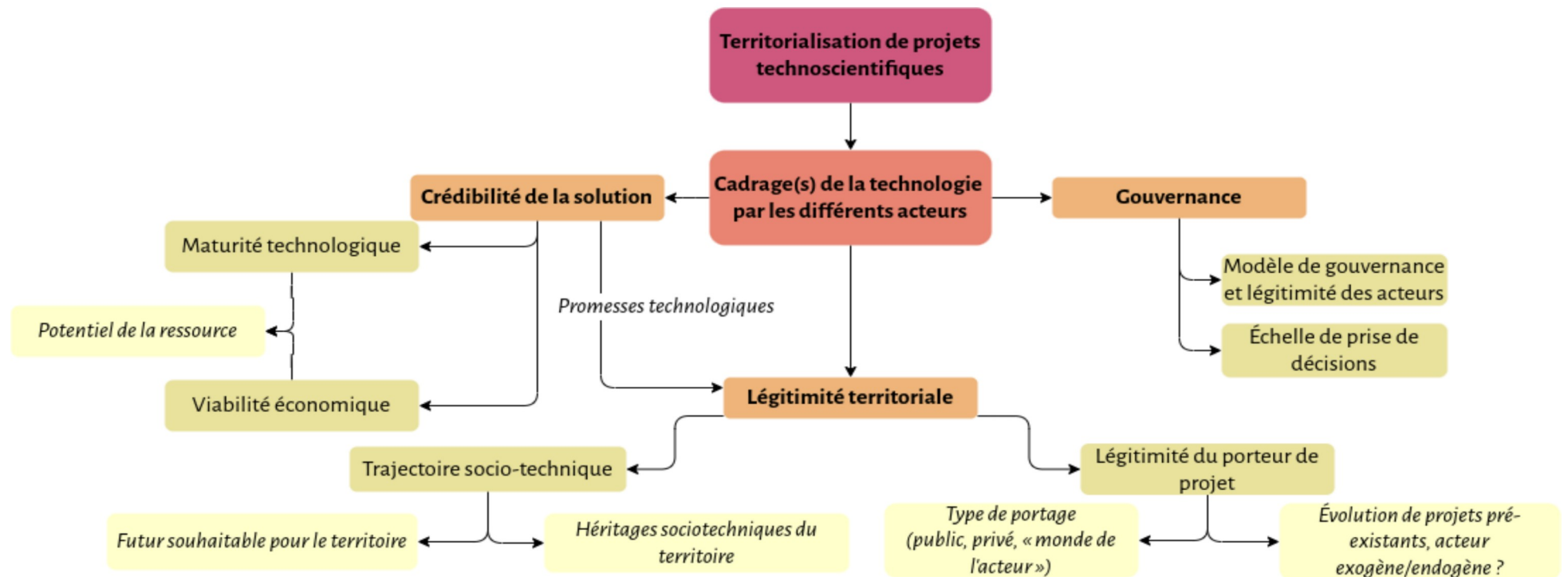
tien ou opposition) à un projet. La *sphère* « administrative » regroupe l'administration, toutes échelles confondues, sur le territoire du projet. Elle est en charge de fournir les autorisations de recherche et d'exploitation, ainsi que de définir un cadre réglementaire, etc. La *sphère* « économique » regroupe les différents industriels impliqués, ainsi que le réseau industriel local ou leur mise en réseau, à travers les investisseurs, partage d'informations techniques, etc. La *sphère* « académique » regroupe quant à elle les différents acteurs liés au secteur scientifique et à la recherche en général. Ces différents acteurs vont porter des discours différents. Afin de les étudier, nous nous appuyons sur l'approche discursive. Ces différents acteurs vont notamment, mais pas seulement, adopter ces approches de discours au sein de la démocratie technique.

- La quatrième dimension est la *trajectoire sociotechnique*, c'est-à-dire l'ensemble des choix sociotechniques sur le temps long, conduisant à la mise en place des infrastructures. À l'échelle nationale, cela se concrétise notamment à travers la mise en place de politiques (*policy*) de transition énergétique, ou à travers une politique d'encadrement et de soutien industrielle. À l'échelle territoriale, cela se matérialise par l'histoire qu'entretiennent les acteurs du territoire avec le sous-sol, sous le prisme d'expériences passées (exploitations antérieures, les incidents qui sont survenus, etc.). Nous nous appuyons notamment sur les différentes approches de régulation du sous-sol propre à ces pays.
- La cinquième dimension est l'*espace*, qui peut être vu comme une production sociale, car étant le fruit d'imbrications de lieux et de rapports sociaux (Di Méo 1998b), et pour laquelle on trouvera tant une proximité spatiale que relationnelle. Néanmoins, nous dépasserons l'analyse à l'échelle locale du projet, pour penser selon un cadre pluri-scalaire (Mathias, Lade, Galaz 2017) : les politiques nationales et locales, la mise en réseau des projets, etc. Pour appréhender l'ap-

proche spatiale, nous mobilisons notamment le concept de territoire vertical, afin d'adapter les cadres d'analyse de l'espace à la dimension verticale.

Une fois ce cadre posé, nous voyons qu'il existe une multitude d'acteurs, aux intérêts différents. Ils s'inscrivent à la fois spatialement, à travers la dimension de l'espace, et temporellement, à travers la trajectoire sociotechnique. Ces différents projets sont marqués par une dimension territoriale forte. La technique est, comme nous l'avons vu, conditionnée à des conditions géologiques particulières, tandis que la dimension sociale est influencée par les jeux d'acteurs que nous venons de décrire.

Nous considérons ici que la territorialisation des projets technoscientifiques passe par le cadrage de cette technologie, et chaque territoire aura une trajectoire sociotechnique différente, de par son histoire particulière, de par les différents acteurs et le cadrage qu'ils font de ces technologies. Chaque cadrage de la technologie va redéfinir un triptyque *crédibilité de la solution / légitimité territoriale / gouvernance*, en lui donnant une justification propre (Chailleux 2019b; Arnauld De Sartre, Chailleux 2021). En effet, cette justification est influencée par les prénotions des acteurs, leur « vision du monde », comme l'ont par exemple défini, sous la métaphore des cités, Luc Boltanski et Laurent Thénevaud (2008). Ces différentes grilles de lecture du monde permettent aux acteurs d'appréhender la technologie selon un référentiel propre. Ainsi, ce cadrage est situé et les différents acteurs auront des approches qui différeront, qui pourront cohabiter, voire rentrer en concurrence. Nous pouvons proposer le modèle théorique suivant (voir schéma n°4).



Missaghieh-Poncet, J., 2021

Figure 4: La territorialisation des projets

Un premier élément auquel nous nous intéressons est la technologie et son portage en tant que tel. C'est ce qu'on retrouve au sein de la catégorie *crédibilité de la solution*. À travers cet aspect, nous examinons le fait qu'une technologie est capable d'assurer les promesses qu'elle fait. Pour cela, nous nous penchons sur trois aspects.

- Le premier aspect est la *maturité technologique*, c'est-à-dire le degré d'avancement d'une technologie et des conditions nécessaires pour permettre son déploiement à une échelle industrielle, dépassant le stade de projet pilote. Ainsi, la maturité technologique pourra regrouper le fait qu'il soit possible d'exploiter une ressource de manière optimale, tout en réduisant les externalités négatives, telles que la sismicité induite. Cette définition de maturité pourra varier selon les acteurs.
- Le second aspect est la *viabilité économique*, c'est-à-dire la capacité d'un projet à être économiquement viable sur le long terme, tant du point de vue des investissements initiaux que de son exploitation. Cela peut inclure un certain nombre de mécanismes, allant du modèle économique, aux aides, ou aux mécanismes assurantiels en cas d'échec.
- Le troisième aspect est le *potentiel de la ressource*, c'est-à-dire la capacité d'un site à fournir des ressources en quantité suffisante pour permettre à un projet de se développer. Si la définition d'une ressource peut varier selon les acteurs (parle-t-on d'eau chaude, de calories, de kWh ?), cette variation de définition pourra modifier celle de la maturité (la technologie est-elle capable de capter cette ressource ?), et la viabilité aussi (en quantité suffisante pour que cela soit rentable ?).

Un second élément qui nous intéresse est la *légitimité territoriale*, c'est-à-dire que le projet est capable d'obtenir le consentement d'un certain nombre d'acteurs, venant des sphères sociales, politiques et économiques (Devine-Wright et al. 2017; Wolsink 2018).

La légitimité est ainsi la capacité pour un projet à se faire accepter par les différents protagonistes pouvant intervenir sur un territoire, l'obligeant ainsi à s'adapter à un contexte local. Nous avons identifié deux éléments qui nous semblent importants.

- Le premier élément est la *trajectoire sociotechnique*, c'est-à-dire le développement social et technologique propre à un territoire. On va ainsi, d'une part, regarder les *héritages sociotechniques*, c'est-à-dire l'héritage d'un territoire dans les réseaux d'acteurs et l'historique des décisions passées. Certains territoires peuvent avoir des héritages forts qui peuvent influencer leurs cadrages actuels sur la géothermie, à travers une histoire et une culture locale qui est le fruit d'expérimentations successives en lien avec le sous-sol. D'autre part, on va également regarder le *futur souhaitable*, c'est-à-dire l'ensemble des discours portant sur un futur désiré pour un territoire, et comment la géothermie pourrait y répondre : une énergie renouvelable dans un contexte de crise climatique, une autonomie énergétique dans un contexte de dépendance.
- Un autre élément est la *légitimité du porteur de projet*, c'est-à-dire la capacité du porteur du projet à paraître crédible aux yeux des acteurs du territoire. Nous avons identifié pour cela deux aspects. Le premier aspect est le *type de portage*. En Suisse, certains porteurs de projets sont issus de structures publiques ou de capitaux publics (Ejderyan, Ruef, Stauffacher 2020), tandis qu'ils sont portés en France par des capitaux privés. Cette distinction découlerait de l'échelle d'action et de la volonté qui différencierait, avec d'un côté, en Suisse des collectivités locales qui chercheraient à pourvoir aux besoins énergétiques locaux, tandis qu'en France cela correspondrait à des logiques industrielles sur une échelle nationale. Ainsi, on se demandera si la distinction public/privé est un facteur de légitimation aux yeux des différents acteurs (par exemple un portage privé donnerait des gages de confiance pour un type d'acteur et pas un autre). Au-delà de la distinction public/privé, on se demandera aussi de quel monde tech-

nique vient le porteur du projet, en faisant une distinction entre les acteurs traditionnels du monde du pétrole et les acteurs du monde des mines. Une autre dimension est la question de savoir si un *acteur est exogène ou endogène ou si le projet est une évolution d'un projet préexistant*. En effet, on se demandera si la légitimité d'un acteur est plus facilement acquise s'il est déjà présent, implanté et identifié sur un territoire, avec des jeux d'alliances et de compromis déjà en place, alors qu'un acteur externe à un territoire devra mettre en place une réputation et des alliances.

La dernière dimension est la *gouvernance*, c'est-à-dire le fait qu'une technologie peut être modifiée ou refusée par les différents acteurs, afin qu'elle puisse s'adapter au contexte territorial. Ainsi, on va s'intéresser à la question de la participation, c'est-à-dire les acteurs qui sont jugés légitimes à participer au sein de cette prise de décision, mais également la régulation de la technologie, c'est-à-dire l'arsenal juridique mise en œuvre pour encadrer le développement de cette technologie. Nous avons identifié deux dimensions qui nous semblent importantes.

- Tout d'abord, *l'échelle de prise de décision*, en regardant si cette dernière a une influence dans le modèle de gouvernance, avec la difficulté de trouver la (ou les) « bonne(s) » échelle(s) jugées comme légitimes aux yeux des différents protagonistes. On comparera plus particulièrement le modèle français, centralisé, où la géothermie est soumise à une autorisation étatique, et le modèle suisse, fédéral, où l'échelon fédéral fixe les grandes orientations et où la gouvernance du sous-sol se fait à l'échelle cantonale.
- Ensuite, nous regardons le *modèle de gouvernance et la légitimité des acteurs*, en examinant les différents mécanismes de régulation des projets, mais aussi considérant les acteurs qui sont jugés légitimes à participer, c'est-à-dire ceux qui sont inclus ou exclus des processus de décision.

Le cadre d'analyse que nous proposons s'inspire partiellement de la théorie de l'acteur-réseau. Ainsi, nous proposons d'étudier les projets de géothermie sous le prisme de la construction technique. Pour y parvenir, nous avons identifié les différents acteurs et actants gravitant autour des projets. Nous avons complété cette approche en intégrant une dimension temporelle, à travers la prise en compte des trajectoires sociotechniques, mais également spatiales. Dans un second temps, nous avons élaboré une grille de lecture des discours des acteurs de justification de la territorialisation des projets. Cette grille se fonde sur un triptyque liant la crédibilité de la solution, la légitimité territoriale et la gouvernance. En prenant ces divers éléments, nous pouvons ainsi mieux comprendre la justification des positions des différents acteurs sur les projets.



L'objectif de ce chapitre était de proposer un cadre théorique permettant d'aborder le sous-sol comme objet politique, c'est-à-dire comme un milieu socialement construit, et de dépasser une vision naturelle du sous-sol ou une vision technique de son exploitation. Pour y arriver, nous avons proposé de considérer l'étude du sous-sol à travers trois dimensions.

La première dimension a permis de s'intéresser au sous-sol comme milieu politique, notamment à travers la construction d'une relation entre la surface et le sous-sol. Pour cela, nous avons fondé notre analyse sur la *Political Geology*, qui propose une construction politique de l'espace souterrain, en proposant notamment d'analyser sous le prisme de l'interaction entre la politique et l'usage du sous-sol. Différents éléments sont ainsi abordés. La question de l'incertitude, par exemple, est cruciale. En effet, l'appréhension du sous-sol est faite par le truchement de la technique, confinant les débats techniques au sein d'arènes restreintes expertes. Cependant, la production de savoir est politique, du fait de rapports de forces inhérents à son accès. De plus, l'exploitation du sous-sol s'inscrit au sein de dynamiques plus larges, comme la modernisation éco-

logique, où il est mobilisé pour verdir le capitalisme à travers le développement d'énergies renouvelables, comme la géothermie, ou le stockage géologique de CO₂. Puisqu'il est possible de traiter la question du sous-sol d'un point de vue des sciences sociales, nous proposons ainsi un regard géographique, à travers le concept de « territoire vertical ». En déclinant les différentes dimensions du territoire (matériel, idéal et politique), nous proposons une analyse du sous-sol comme une extension de la surface. De ce fait, en questionnant le sous-sol à travers sa matérialité, ses usages et son utilisation par les sociétés, il est possible de le traiter en tant qu'objet social.

La seconde dimension a permis de s'intéresser à l'innovation technologique, à travers une co-construction entre le social et la technique. La question de la relation entre les sciences, les techniques et les sociétés est traitée par les STS. Si plusieurs courants existent, nous avons fait le choix de nous inscrire au sein de la sociologie de la traduction, proposant la mise en place d'une innovation technologique à travers l'interaction entre des acteurs et des actants. De plus, nous nous intéressons également à la question des controverses sociotechniques. Pour cela, nous avons fait le choix de nous intéresser à la démocratie technique. Cette forme de gouvernance s'inscrit en régime d'incertitude, où l'évaluation des choix se fait au sein de la controverse, permettant ainsi d'éprouver les choix de trouver des compromis, en impliquant des spécialistes et des non-spécialistes. Ces différents outils nous permettent d'étudier la construction socio-technique de projets industriels, en prenant en compte les différents acteurs entrant en jeu.

La troisième dimension a permis de s'intéresser à la régulation du sous-sol, à travers la question des politiques publiques du sous-sol. Néanmoins, ce n'est pas le seul cadrage mobilisé. Dans un second temps, nous avons décrit l'approche discursive, permettant d'aborder la concurrence entre différents cadrages, c'est-à-dire dans la priorisation de différents enjeux au sein des politiques publiques. Cela passe notamment par le développement d'argumentaires d'acteurs, afin de convaincre d'autres acteurs d'adopter

leur cadrage. Enfin, nous avons comparé deux pays ayant adopté des structures politiques différentes, et regardé comment cela impactait la régulation du sous-sol. Ainsi, la France, pays centralisé, régule le sous-sol au niveau ministériel ou gouvernemental, tandis que la Suisse, pays fédéral, a une régulation du sous-sol à l'échelle cantonale, mais contrainte de suivre des directions fédérales.

Finalement, nous proposons un cadre d'analyse, inspiré des différentes dimensions que nous avons développées. Nous avons fait le choix d'étudier la géothermie comme objet sociotechnique. De ce fait, nous avons, dans un premier temps, cherché à nous pencher sur l'interaction entre différents actants (le sous-sol, la technologie), et acteurs (élus, administration, associations, industriels, universités, etc.), et s'inscrivant au sein de dynamiques plus larges, en regardant notamment les trajectoires sociotechniques ou les espaces géographiques et sociales. Dans un second temps, nous nous sommes intéressés à la question du cadrage porté par les différents acteurs. Nous proposons ainsi une grille de lecture fondée sur un triptyque autour de la crédibilité de la solution – c'est-à-dire son modèle technoéconomique, ainsi que la disponibilité de la ressource –, de la légitimité territoriale – c'est-à-dire son inscription au sein d'un territoire –, et de sa gouvernance – c'est-à-dire les acteurs présents dans son développement.

Dans ce chapitre, nous avons proposé un cadre d'analyse permettant d'étudier la question de la territorialisation de la géothermie profonde, en regardant différentes dimensions : politisation du sous-sol, construction sociotechnique, régulation. Il a été nécessaire de combiner une approche pluridimensionnelle, du fait de la nature de la géothermie, et du « milieu sous-sol » en général. Dans le chapitre suivant, nous aborderons la méthodologie employée dans la récolte des données, permettant ainsi de mettre à l'épreuve notre cadre d'analyse.

CHAPITRE 3 – CADRE MÉTHODOLOGIQUE : UNE APPROCHE QUALITATIVE ET COMPARATIVE

Nous avons vu dans les chapitres précédents la construction sociale du sous-sol et de la technique. Cette construction permet aux sciences sociales de s'emparer de ces questions. Dans le chapitre précédent, nous avons orienté notre analyse sous le prisme d'une construction sociale d'une technologie, qui se territorialise, et pouvant susciter des controverses. Nous allons de ce fait étudier cette territorialisation, en adoptant un regard pluri-scalaire – en regardant tant à l'échelle du projet qu'à l'échelle nationale –, tout en analysant les trajectoires sociotechniques portant les territorialisations.

Afin d'étudier le développement de la géothermie, il peut être intéressant de regarder les discours produits par différents acteurs. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, le discours est vu comme un moyen d'appréhension du réel, définissant des positions, et pouvant infléchir la construction sociotechnique des technologies. À travers l'étude des discours des différents acteurs, nous souhaitons de ce fait reconstituer les différentes controverses, épreuves et compromis que rencontrent ces projets, afin de pouvoir en retracer les dynamiques.

Pour pouvoir mener cette étude, nous avons fait le choix d'adopter des méthodes qualitatives, permettant d'étudier les discours portés par les différents acteurs gravitant autour des projets de géothermie. En nous fondant sur le cadre théorique exposé au sein du chapitre 2, nous étudierons la territorialisation en considérant les dimensions *crédibilité de la solution*, *légitimité territoriale* et la *gouvernance*, et leurs mobilisations par les différentes sphères (sociale, administrative, économique, etc.).

Nous avons fait un certain nombre de choix méthodologiques. Dans une première partie, nous présenterons notre démarche. Dans un premier temps, nous proposerons une approche réflexive vis-à-vis de notre projet de recherche. Ce travail de contextuali-

sation montre comment un jeune chercheur cherche sa place au sein d'un programme de recherche pluridisciplinaire, et avec une diversité d'acteurs. Dans un second temps, nous présenterons nos choix méthodologiques de recueil de données. Nous avons fait le choix de coupler plusieurs méthodes – entretiens semi-directifs, analyse de presse, approche documentaire –, afin de croiser et multiplier les sources, pour obtenir une représentation, si ce n'est exhaustif, du moins un peu plus complète des différents projets, malgré le manque de données publiées ou publiques, du fait de projets en cours de développement ou abandonnés.

Dans une seconde partie, nous présenterons notre choix de comparer différents cas d'études, et nous présenterons les différents terrains que nous avons choisis. Néanmoins, du fait d'un contexte de pandémie, nous étions contraints de faire du « terrain à distance », dont nous exposerons un retour d'expérience réflexif.

Finalement, dans une troisième partie, nous nous pencherons plus en détail sur notre démarche d'entretiens semi-directifs, en présentant nos grilles d'entretiens, ainsi que les différents acteurs rencontrés.

1. La démarche suivie : une approche qualitative et réflexive

Ce travail de recherche a été le fruit de questionnements constants et l'occasion de conduire une démarche réflexive. Cette démarche était motivée notamment par un double enjeu. Le premier enjeu a été de trouver un positionnement vis-à-vis de son projet de recherche dans lequel cette thèse était insérée – le projet GÉFISS³⁵. Le second enjeu a été de trouver un positionnement méthodologique permettant une collecte de données pertinentes pour comprendre les enjeux de territorialisation.

35 GÉFISS – Gouvernance Élargie pour les Filières d'Ingénierie du Sous-Sol [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 27 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.gefiss.eu/>.

Il a été nécessaire de prendre du recul vis-à-vis du projet GÉFISS. En effet, si le projet de recherche traitait des questions de gouvernance, et plus particulièrement d'acceptabilité sociale, la commande a été appropriée, en faisant un travail de « traduction » entre différents modes de pensées, et de réajuster les attentes en reformulant le sujet de recherche. Ce travail a nécessité toute une négociation de la place du chercheur au sein du projet.

La démarche suivie s'est aussi illustrée au travers du croisement de différentes méthodes de recherche. En effet, face aux informations lacunaires sur certains projets, il a été nécessaire de trianguler, afin d'avoir suffisamment d'informations pour comprendre les processus de territorialisation.

1.1. Prise de recul avec le projet GÉFISS : « trouver sa place » au sein d'un projet de recherche pluridisciplinaire financé pour partie par des crédits privés

Cette thèse s'est inscrite au sein d'un projet de recherche composé d'acteurs venant du monde académique, avec des laboratoires en sciences sociales, ainsi que d'industriels du sous-sol, des établissements publics à caractère industriel et commercial (comme le BRGM ou l'IFPEN), ou des agences de l'État (l'ADEME). L'objet de ce projet de recherche est de mettre en place des outils de gouvernance au sein des filières du sous-sol. Ainsi, une pluralité d'acteurs, chercheurs en sciences sociales et en géosciences, professionnels de la concertation, des industriels, se retrouvent autour d'un projet commun.

Présentation du projet de recherche GÉFISS

Le projet GÉFISS³⁶ est un projet de recherche (2018-2022) pluridisciplinaire dont « l'objectif est de construire un socle de connaissance à propos de la gouvernance dans le domaine de l'ingénierie du sous-sol (géothermie, stockage d'énergie, stockage de CO₂...) » (présentation du site internet). Ce projet de recherche est financé par groupement d'intérêt scientifique Geoenergies, et dont le budget est amendé par notamment l'Agence nationale de la recherche et l'ADEME, ainsi que par des acteurs industriels (TotalÉnergies, Terega, Vermilion Energy, Investaq Énergie).

Ce projet regroupe différents acteurs et disciplines en sciences sociales : psychologie sociale (CLLE – université de Toulouse-Jean Jaurès et LP3C – université de Rennes-2), sciences de l'éducation (LaRAC – université Grenoble Alpes), géographie et sciences juridiques (UMR Transitions Énergétiques et environnementales – université de Pau et des Pays de l'Adour). De manière complémentaire, le projet bénéficie également de l'expertise dite « opérationnelle » en matière de concertation, avec la présence d'un bureau d'étude (Respublica). On retrouvait également des représentants du monde académique du sous-sol (BRGM, IFPEN, CNRS-INSU, ISTO, GeoRessources), du monde industriel (Pôle Avenia, 45-8 Energy, Heling, EIFER), et des pouvoirs publics (DGEC, ADEME).

Le projet est divisé en différents *lots de travail*, qui font l'objet de réunions trimestrielles où sont présentées l'avancée des travaux – les nôtres y compris. Ces lots sont de diverses natures : travaux académiques, guide à destination du public ou des industriels, élaboration de modules de formations, etc.

Chaque année, une assemblée générale, avec l'ensemble des membres du projet et des partenaires, est l'occasion de faire une présentation des différents travaux, permettant une mise en relation des différents lots.

Cette mise en dialogue d'acteurs venant de milieux différents n'est pas anodine. En effet, ces différentes formes d'expertises dans des domaines différents (sciences sociales, géosciences, ingénierie industrielle) suscitent parfois des incompréhensions dans le langage employé³⁷, mais aussi dans les attentes du projet. L'enjeu est, pour le chercheur en sciences sociales, d'affirmer sa légitimité en tant que professionnel (affirmer sa pos-

36 GÉFISS - Gouvernance Élargie pour les Filières d'Ingénierie du Sous-Sol [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 27 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.gefiss.eu/>.

37 En sciences sociales, certains termes du langage courant renvoient à des concepts précis. Cela a pu générer des quiproquos autour de certaines expressions, tel que « politisation » ne renvoyant pas à la même signification en sciences sociales et dans le langage courant.

ture scientifique) que disciplinaire, en justifiant la pertinence et la crédibilité des sciences sociales en tant que disciplines scientifiques.

La question de l'affirmation en tant que scientifique se manifeste à travers des attentes différentes entre le monde académique et le monde industriel. En effet, les scientifiques vont chercher à construire un savoir « scientifique », valorisable au sein du système académique (publications, communication en colloque) et dont l'enjeu est une meilleure compréhension du monde. Pour les industriels, il est attendu un savoir « opérationnel », c'est-à-dire une méthodologie concrète de gouvernance de projets, applicable directement. Il y a ainsi un enjeu de transfert technologique rapide. Cela se manifeste au sein du projet, par un découpage en « tâches » (des lots de travaux ou *work packages*) regroupant ces différentes attentes. Ce mode de fonctionnement s'inscrit au sein d'une organisation d'une recherche dite « partenariale » (Meilleur 2022). Le chercheur devra ainsi régulièrement négocier sa place en tant que chercheur, afin de produire des connaissances scientifiques. De plus, de par l'objet d'étude, la question de l'acceptabilité sociale, le chercheur se trouve dans une situation délicate. En effet, cette notion controversée (Barbier, Nadaï 2015) peut poser des cas de conscience au chercheur (doit-il être au service des industriels et permettre le déploiement de projets contestables ?) ou l'entraver dans l'accès à ses terrains. Le chercheur peut être rapidement pris à partie au sein de controverses, questionnant sa neutralité, et pouvant être accusé, par les détracteurs, de travailler pour le compte des industriels.

Pour sortir de cette aporie, le chercheur doit affirmer l'autonomie des sciences vis-à-vis de son objet d'étude. Louis Quéré (2004) questionne la place des sciences sociales au sein de la société. En effet, cet auteur pointe la situation délicate où le questionnement sociologique peut se trouver en porte-à-faux avec le questionnement social. Il démontre qu'il y a une attente de la part de la société, puisque les sciences sociales interviennent dans un domaine d'étude où les sujets ont une expérience sensible de la question. De fait, les chercheurs sont conduits à expliquer leur travail, à justifier l'intérêt et

la pertinence de leurs recherches. Le chercheur doit ainsi « rendre des comptes » au public. C'est pourquoi Louis Quéré prône une totale autonomie du chercheur dans la définition de ses problématiques, de ses cadres théoriques et de sa méthodologie, même si, de prime abord, cela ne suscite pas un questionnement social, mais seulement un questionnement scientifique. Cette autonomie du chercheur est rendue possible grâce à une prise de recul sur l'objet de la commande, la question de l'acceptabilité sociale. En effet, comme nous avons pu le voir dans les chapitres précédents, l'acceptabilité sociale est une notion protéiforme, mais néanmoins trop bancale. La solution trouvée a été de proposer un modèle alternatif à l'acceptabilité sociale, qui a été présenté au sein des chapitres précédents, en mettant l'accent sur le portage sociotechnique de la technologie, et sa territorialisation. Il a été opéré un renversement du questionnement. Ainsi, l'accent n'est plus porté sur l'acceptabilité, où le facteur d'échec repose sur les seules populations, mais sur une approche systémique, et où les échecs peuvent être dus à des raisons tant techniques que politiques, etc. Cette prise de recul permet ainsi de se débarrasser d'une prénotion de base qui consisterait à dire que l'échec de projets reposerait uniquement sur les populations.

Ce pas de côté dans la définition des enjeux a reçu des réactions mitigées, et a nécessité des négociations et des compromis. Concrètement, la plupart des discussions portaient sur la prise de recul vis-à-vis du concept d'acceptabilité sociale, ainsi que du cadrage du projet, avec parfois des incompréhensions sur l'utilisation de certains termes en sciences sociales ayant un sens différent dans le langage ordinaire. Par exemple, un des points de vive discussion était l'utilisation du terme « politisation » perçu alors comme un synonyme de « politique politicienne », et différent de son usage en sciences sociales. La question du cadrage, qui avait valu de nombreuses discussions, portait sur la place de l'acceptabilité sociale dans l'explication des échecs des projets. Si notre position, en tant que géographe, était telle qu'elle avait une place relativement mineure, la position portée par d'autres acteurs lui donnait une place beaucoup plus

importante. Si l'écoute fut polie et cordiale, les choix de cadrages épistémologiques ont pu néanmoins susciter quelques interrogations et des incompréhensions. Avec le recul, nous analysons ces incompréhensions comme étant le fruit de différents *ethos* (Fusulier 2011) d'experts venant de champs différents, où il peut être difficile de comprendre le cadre mental de l'interlocuteur. En effet, dans l'*ethos* de géoscientifiques, il existe certainement, de manière inconsciente, une forme de positivisme manifestée à travers une perception du primat de la technique sur le social et une vision d'une expertise surplombant la société, s'inscrivant dans la « première vague » positiviste décrite par Harry Collins et Robert Evans (2002). Il peut être ainsi difficile d'admettre la construction sociale des technologies, voire que les sociétés peuvent de manière légitime remettre en question ces technologies sur des critères autres que techniques. Néanmoins, cette incompréhension peut être combattue à travers la présentation de résultats « concrets » issue du travail d'enquête. La présentation de résultats tangibles vient asseoir le cadre théorique, permettant de le crédibiliser.

Faire un travail de recherche au sein d'un projet pluridisciplinaire et avec des acteurs venant d'horizons différents présente un certain nombre de défis. Un des enjeux était, en tant que jeune chercheur en géographie, de se légitimer dans son travail de recherche, de défendre les choix faits dans ce cadre, tant à l'intérieur du projet en justifiant les choix théoriques, qu'à l'extérieur, en préservant son indépendance académique vis-à-vis du monde industriel. Une des leçons de ce travail de prise de recul serait de considérer les sciences sociales comme un outil de compréhension du réel, et non pas un outil de résolution de problèmes. Ainsi, il faut défendre une posture de chercheur, et non pas d'ingénierie sociale, qui serait là pour proposer une solution « clé-en-main ». Cela nécessite aussi un certain savoir-être, en refusant de voir s'imposer un cadrage et en défendant la pertinence de nos propositions de questionnements scientifiques. Cela est, à notre sens nécessaire, afin de défendre l'indépendance des

sciences sociales, dans un contexte où ces dernières connaissent une remise en question importante.

1.2. Le choix d'articuler différentes méthodes

En sciences sociales, et de manière plus spécifique en géographie, la méthode qualitative n'est pas une méthode standardisée et répliquable, mais est plutôt un assemblage de diverses méthodes, parfois empruntées à d'autres disciplines, de tâtonnements et de « bricolages » (Guyot 2008; Becker 2002; Meunier, Lambotte, Choukah 2013), permettant de s'adapter aux terrains et aux acteurs. Ainsi, la pratique de recherche est hétérogène, et est le fruit de théorisation, discussions entre chercheurs, etc., guidant le cheminement intellectuel du chercheur. Dans cette partie, nous allons exposer les choix méthodologiques faits, afin de réaliser nos objectifs de recherche.

1.2.1 Une approche par les entretiens semi-directifs

Nous avons fait le choix de mobiliser des méthodes qualitatives, permettant de mettre « l'accent sur la spécificité, la complexité et la profondeur des faits observés » (Morange, Schmoll 2016, p. 23). Les approches qualitatives permettent de privilégier une contextualisation, tout en cherchant à rentrer dans la profondeur et la richesse des données. De manière plus spécifique, nous adoptons une approche compréhensive, c'est-à-dire en inscrivant les discours des acteurs au sein d'un contexte d'action et d'interaction, en repérant les stratégies des acteurs (Dumez 2016). Pour ce faire, nous avons fait le choix de conduire des entretiens semi-directifs, qui expriment un « *point de vue singulier* » des différentes personnes interviewées (Beaud, Weber 2017, p. 157).

Ces entretiens sont enregistrés, puis retranscrits (Rioufreyt 2016). C'est à partir de ce *verbatim* que sont faites les analyses. Nous avons fait le choix d'une approche assistée par ordinateur, en utilisant un CAQDAS³⁸ (Rioufreyt 2018). L'utilisation de logiciels

38 *Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software* ou logiciel d'analyse qualitative des données assistée par ordinateur.

n'est pas forcément un choix évident, et nécessite néanmoins une réflexion, pour ne pas tomber dans le piège de contraindre notre méthodologie par le logiciel, mais bien de choisir notre logiciel en fonction de notre méthodologie (Paillé 2011). Nous avons fait le choix d'utiliser le logiciel libre QualCoder³⁹. Ce logiciel, à l'instar de MaxQDA, Nvivo ou Atlas-ti, s'appuie sur le principe du codage multi-thématique. Cette méthode consiste à assigner une catégorisation à des extraits (on parle ainsi de « codages »), selon les thématiques abordées. Cela passe à travers plusieurs étapes (Dumez 2016; Lejeune 2016) : une première étape consiste à identifier un certain nombre de thèmes (des « codes »). À travers un travail de recherche, de ressemblances et de dissemblances, il en ressort des thématiques permettant de dresser des typologies (des « catégories »), et donc les spécificités des terrains. Dans notre travail, nous avons fait le choix de regrouper ces typologies par terrains, mais aussi par les dimensions de notre cadre d'analyse, afin de pouvoir faire un travail de comparaison entre les différents terrains.

Dans un troisième temps, ces différents extraits de verbatims sont « mis en dialogue » à travers une articulation des différents extraits, afin de donner du sens. Didier Demazière et Claude Dubar (1997) proposent trois postures possibles. La première posture, « illustrative et logique causale » consiste à sélectionner des fragments de *verbatim*, afin de servir la démonstration du chercheur. On perd néanmoins la logique interne du discours, en sortant du contexte. Une seconde posture, « restitutive et hyper-empiriste », consiste à délivrer tels quels les verbatims, considérant que ces derniers sont suffisamment transparents dans leur compréhension, indépendamment du contexte. La troisième posture, « analytique et reconstruction de sens », part du principe que la parole n'est pas transparente et nécessite d'être contextualisée, analysée et commentée, afin de pouvoir réellement apporter quelque chose. Ainsi, nous sommes face à trois postures : une première qui considère que le matériau est seulement illustratif d'une

39 QualCoder. <https://github.com/ccbogel/QualCoder>. Le choix de ce logiciel s'est fait pour des raisons pratiques. L'auteur a en effet déjà utilisé ce logiciel lors de ce master 2, et le maîtrisait déjà.

argumentation ; une seconde qui considère que le matériau se suffit à lui-même dans l'argumentation ; une troisième où l'argumentation s'appuie sur le matériau. C'est cette troisième approche que nous déployons.

En effet, au-delà d'un style de citation et de mise en commentaires des *verbatim*, ces différentes postures révèlent des conceptions différentes de la recherche, et de la place que l'on donne aux entretiens. Didier Demazière et Claude Dubar distinguent différents usages de l'entretien. Un premier usage est de recueillir des informations, pour permettre au chercheur de reconstituer des événements, et où la parole de l'enquêté est simplement pourvoyeuse d'informations. La personne enquêtée révèle son point de vue sur sa position au sein d'un monde social, point de vue que le chercheur met en dialogue avec d'autres points de vue pour les confronter. Le plus souvent, la posture s'inscrit dans une démarche hypothético-déductive, pour laquelle la parole est la conséquence d'une structure sociale qu'il convient de mettre au jour. La posture restitutive, quant à elle, s'inscrit dans une perspective de documents bruts, qui ferait l'objet d'une analyse *a posteriori*, ou alors laisser le travail d'interprétation au soin du lecteur, et s'inscrivent au sein des « récits de vie » : la parole parle d'elle-même et ne doit pas être analysée. La dernière approche, analytique, s'inscrit dans une approche compréhensive, à travers la mise en dialogue entre l'enquêteur et l'enquêté, et où la parole de l'enquêté fait advenir un monde : la parole ne livre pas seulement des faits, mais une vision du monde qui permet de comprendre les faits. L'enquêteur doit alors reconstruire ce monde et voir comment il agit sur le réel.

Nous avons, autant que faire se peut, cherché à nous inscrire dans cette dernière approche, qui correspond le mieux au cheminement que nous avons eu lors de cette enquête. En effet, nous n'avons eu que très peu de prénotions sur notre sujet d'étude : au contraire, nous n'en savions pas grand-chose. Il était ainsi difficile de plaquer des attendus dans nos entretiens, à travers la recherche d'une illustration de ce que nous souhaitions démontrer. Nous avons conçu l'enquête comme un véritable travail explo-

ratoire, où l'objet de notre recherche était inconnu – de la compréhension de certains processus géologiques pour mieux comprendre les enjeux au fonctionnement de la géothermie. Notre démarche de recherche, et les entretiens que nous avons menés, étaient motivés par le fait de recueillir des éléments pour nous aider à réfléchir, à concevoir nos questionnements, puis à les affiner. Cette approche, par tâtonnements et incrémentations, nous a permis de nous saisir d'un objet technique et complexe. De ce fait, notre démarche compréhensive, parfois *naïve*, nous a permis d'entretenir une relation d'échanges constructifs avec les personnes interrogées, dépassant la simple prise d'informations et une vision verticale de l'enquête, pour au contraire comprendre le discours de l'acteur et son inscription au sein du monde social. Ainsi, la démarche que nous avons adoptée s'inscrit pleinement au sein d'une approche abductive, en cherchant à faire émerger des hypothèses à partir des terrains (Hallée, Garneau 2019).

1.2.2 Une approche par la lexicométrie de la revue de presse

De manière complémentaire aux entretiens, nous avons mis en place une revue de presse, afin de pouvoir tracer, sur le temps long, les trajectoires sociotechniques à l'échelle du projet et à l'échelle nationale. Un *corpus* initial a été réalisé à travers une recherche sur la base de données *Europresse*, avec des mots-clés tels que « géothermie » ou « géothermie profonde ». Par la suite, de nouvelles entrées ont été mises en place à travers des requêtes sur le service *Google Alerts*, afin d'intégrer des articles plus récents au fil de l'eau. Une base de données a été constituée, avec une typologie par terrain.

Des extraits de *corpus*, notamment sur des terrains particuliers et à des périodes données, ont pu faire l'objet d'analyses lexicométriques, grâce au logiciel libre *IraMuTeQ*. Ce logiciel, développé par Pierre Ratinaud, est une implémentation en R et Python de la méthode de classification hiérarchique descendante de Max Reinert (Ratinaud, Marchand 2012). À travers une analyse des co-occurrences, il est identifié des « sphères sémantiques », c'est-à-dire des corpus de mots se retrouvant fréquemment ensemble,

sous la forme d'un graphique en dendrogramme. Cette analyse quantitative a permis de faire un travail de défrichage et de synthèse d'articles de presse.

Cette analyse lexicométrique est complétée par une analyse statistique, notamment en étudiant la répartition des articles par date de publication ou par journal. Cela permet notamment d'étudier les pics de médiatisation. Finalement, pour certaines analyses, il y a pu avoir également une analyse qualitative, afin d'approfondir les thématiques étudiées.

Nous pouvons résumer la procédure de collecte et d'analyse des données de la manière suivante :

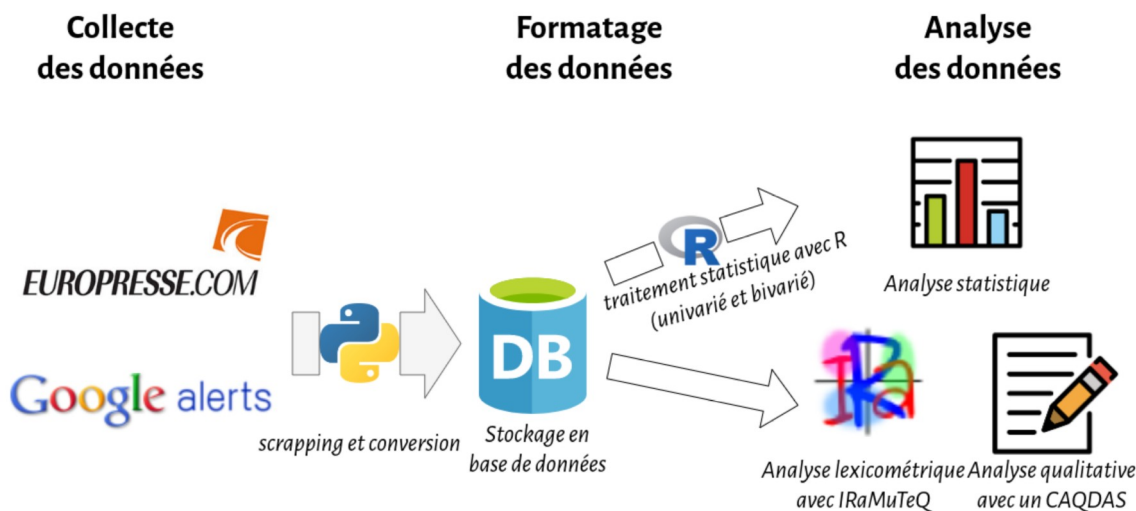


Figure 5: Déroulé de l'analyse de presse

Après une première phase de collecte de données sur diverses bases de données, elles sont formatées pour être utilisées dans une approche tant qualitative que quantitative.

1.2.3 Une approche documentaire de la littérature grise

Afin de compléter les entretiens et l'analyse de presse, nous avons fait un travail documentaire, notamment en mobilisant la littérature grise. Cette dénomination définit des documents produits par l'administration, le monde académique, les associations, etc., et qui ne sont pas contrôlés par l'édition commerciale, et ne s'adressent pas au grand public (Schöpfel 2015).

Les documents ont été collectés au fil de recherches web, mais aussi à travers des documents communiqués par différents acteurs. Il a été ainsi rassemblé des documents de nature diverses, tels que des rapports, dossiers d'enquêtes publiques, des communiqués de presse, etc.

L'objectif de la constitution de ce *corpus* était de faire un travail de contextualisation, permettant de préparer certains entretiens, mais également de comprendre ce qui a été dit en creux de ceux-ci. En effet, cette recherche d'informations a permis une meilleure compréhension des caractéristiques des projets, les débats qu'ils génèrent, mais également de voir les discours portés par les acteurs dans la sphère publique. La confrontation des différents discours, à travers la littérature grise et les entretiens, a permis de compléter des informations, souvent lacunaires, afin de comprendre le positionnement d'acteurs que nous n'avons pas pu interroger, faute de réponse de leur part.



Nous avons fait le choix de croiser différentes méthodes de recueil de données, afin de nous adapter aux spécificités du terrain, notamment à la difficulté de collecter des données. Si les entretiens semi-directifs avec des acteurs clés ont joué un rôle important, ce n'est pas la seule méthode. Afin de mieux comprendre les trajectoires socio-techniques, une analyse de la presse a été faite. Finalement, un travail documentaire a été conduit, afin de compléter et contextualiser les différents projets, ainsi que les discours portés par les acteurs.

2. Le choix des terrains et la recherche en temps de pandémie

Les choix des terrains ont été faits selon une logique de comparaison de différents cas d'études, s'inscrivant dans des contextes spatiaux, sociaux et techniques différents.

Néanmoins, cette ambition comparative fut contrariée par une difficulté d'accès aux terrains, du fait de la survenue de la pandémie de COVID-19. Une méthode de recherche « à distance » a donc été mise en place pour résoudre cette difficulté.

2.1. Une comparaison d'études de cas

L'objectif de notre recherche était guidé par le développement de la géothermie profonde en dehors du Bassin parisien. De ce fait, nous avons recherché des projets en dehors de cette région, sortant du modèle technologique conventionnel tel qu'utilisé historiquement dans ce contexte. De même, il y avait une volonté de comparer la France et la Suisse, afin de tester l'hypothèse d'une différence « d'acceptabilité » entre un régime politique unitaire et un régime politique fédéral. Il a donc été fait le choix de comparer différentes études de cas entre les deux pays.

Cette comparaison d'études de cas permet en effet d'appréhender de manière plus globale et systémique le phénomène de territorialisation. En effet, le travail comparatif permet de monter en généralité (Vigour 2005), en permettant de passer d'une approche idiographique (du singulier) à une approche nomothétique (au systémique). À travers l'explication et la généralisation, il est possible de tracer les grandes tendances, de modéliser et donc de finalement mieux comprendre un phénomène, en sortant de l'étude d'un cas particulier. Le choix de terrains permet de ce fait de « mettre à l'épreuve », à travers une démarche heuristique, le cadre théorique développé, dépassant l'illustration de ce dernier, pour permettre au contraire de le confirmer ou de l'affirmer (Messu 2016).

Si initialement, quatre terrains avaient été identifiés, dans le Sud-Ouest (Pau, Parentis-en-Born) et en Suisse romande (Lavey-les-Bains, Haute-Sorne), une réorientation dans le choix des terrains a été faite. En effet, nous avons fait face à la difficulté d'accès aux informations pour certains terrains (notamment à Pau). De plus, de nouveaux terrains ont été « ouverts », c'est-à-dire des projets qui ont pris suffisamment d'ampleur

pour être médiatisés et être portés à notre connaissance. Nous avons fait le choix de multiplier les terrains, afin d'avoir suffisamment de données mobilisables, malgré un nombre d'acteurs restreints pour chaque projet. La multiplication des terrains permet ainsi également de multiplier le nombre d'acteurs interrogés. De même, dans une approche de la sociologie de l'acteur-réseau, nous avons mobilisé le principe de symétrie dans le choix des terrains, en ne rejetant pas des projets selon des critères – présupposés, la plupart de ces projets étant en cours de déploiement – de réussites ou d'échecs à venir durant notre travail de terrain.

Si le terrain suisse de Lavey-les-Bains a été abandonné, du fait d'un régime technique conventionnel, il a été rajouté un terrain auvergnat (Saint-Pierre-Roche), mais aussi un terrain alsacien. Le projet de Vendenheim, dans la banlieue de Strasbourg, est en effet porté par le même opérateur que le projet de Pau. À travers cette étude de cas, il était cherché des éléments qui permettraient de mieux comprendre le projet palois. En effet, l'opérateur avait planifié initialement différents projets, dont la première séquence devait commencer à Vendenheim, et la dernière à Pau. Néanmoins, le déclenchement des séismes induits a modifié l'étude de ce terrain. L'enjeu a été alors de comprendre les répercussions locales de ces séismes, mais aussi de comprendre un contexte industriel, avec plusieurs entreprises de géothermie entrant en concurrence. Ainsi, au-delà du portage d'un seul projet à Vendenheim, nous nous sommes plus spécifiquement intéressés au développement de la géothermie profonde de manière plus générale en Alsace (et notamment dans le département du Bas-Rhin).

De ce fait, le choix des différents terrains d'étude, s'il était fondé originellement sur une comparaison entre le Sud-Ouest et la Suisse romande, a été réorienté à travers un panachage permettant de couvrir différents contextes géologiques, mais aussi différentes technologies mobilisées.

2.2. Faire de la recherche en temps de pandémie : le terrain à distance

Depuis la fin de l'année 2019, le monde a connu une pandémie de COVID-19, ce qui a engendré des mesures pour en limiter la propagation. Parmi ces moyens, plusieurs confinements ont été mis en place par les autorités publiques⁴⁰, limitant de ce fait les circulations. Ces confinements sont advenus durant les phases où devaient être réalisés les entretiens. Si en géographie, le « terrain » est perçu comme un moyen d'éprouver notre cadre théorique (Claval 2013; Messu 2016), il a fallu s'adapter, sans pouvoir s'y rendre *in situ*. Des solutions alternatives ont dû être trouvées afin de suppléer au format des entretiens en face à face. Diverses solutions ont été expérimentées, des « bricolages » ont été opérés : cela allait de l'enregistrement à l'aide d'un dictaphone d'appels téléphoniques, à l'utilisation de divers logiciels de visioconférences⁴¹. Avant de parler des aspects méthodologiques de l'entretien en lui-même, il est nécessaire de faire un aparté sur les choix techniques opérés. En effet, plusieurs contraintes ont été prises en compte dans le choix des outils : la première contrainte a été la praticité d'utilisation de ces outils pour les personnes interviewées, et donc le choix d'outils qui sont majoritairement utilisés, ou suffisamment simples d'utilisation pour la personne interviewée. Malheureusement, certains de ces outils ne respectent pas forcément les règles européennes de la protection des données⁴², malgré leur utilisation importante par le grand public. Une autre contrainte était la capacité du logiciel à pouvoir enregistrer nativement l'entretien, afin de garantir une bonne qualité audio, nécessaire à la retranscription⁴³. Ainsi, ces différentes contraintes techniques ont aiguillé le choix des outils. Néanmoins, avec le développement de la visioconférence à la suite de la pandémie, de nouveaux outils sont apparus, permettant de résoudre un certain nombre de li-

40 Du 17 mars au 11 mai 2020, du 30 octobre au 15 décembre 2020 et du 3 avril au 3 mai 2021.

41 Citons notamment Zoom, Microsoft Teams ou le logiciel libre Jitsi Meet.

42 Citons notamment le cas du logiciel Zoom, qui a fait l'objet de plusieurs scandales. Voir notamment : HERMANN, Vincent. *Zoom: retour sur une accumulation de failles* [en ligne]. 3 avril 2020. [Consulté le 25 juillet 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.nextinpact.com/article/30168/108854-zoom-retour-sur-accumulation-failles>

mitations techniques présentées, notamment concernant la question de la protection des données.

Au-delà des aspects techniques, ce format d'entretien possède quelques spécificités. Si la mise à distance du chercheur avec son terrain n'est pas une problématique nouvelle, l'utilisation de la visioconférence depuis la pandémie a modifié les organisations (Bourrier, Kimber 2022). Il peut être intéressant d'offrir un retour réflexif sur les spécificités et les limites des entretiens à distance.

Bien que les formats soient similaires, il est à noter qu'il existe des différences entre des entretiens téléphoniques et des entretiens par visioconférence. En effet, une revue de littérature (Drabble et al. 2016; Block, Erskine 2012) nous montre qu'un entretien téléphonique peut être un *ersatz* d'entretien en face à face à travers la perte du langage non verbal, du fait de l'impossibilité de voir son interlocuteur. Si le non verbal peut être visible dans le cadre de la visioconférence, cela se fait néanmoins au prix d'une fatigue cognitive (Bailenson 2021). Cependant, la visioconférence permet d'utiliser des fonctionnalités enrichies, telles que la vidéo, le texte via le *chat*, le partage de fichiers et d'écran, permettant de « donner à voir » des éléments, complétant l'entretien classique. Nous perdons cependant une grande partie de « l'observation » de l'environnement de la personne interrogée, limitée à ce qui est présenté à la caméra. Le format de la visioconférence semble privilégié par les interlocuteurs par rapport au téléphone (Archibald et al. 2019). Nous rajouterons que, contrairement à l'entretien téléphonique, il est possible de vérifier avec le logiciel de visioconférence quand l'enregistrement a effectivement lieu, permettant ainsi de recréer des conditions d'entretiens plus proches de celles pratiquées en face à face. Néanmoins, à l'instar du téléphone, la qualité de l'entretien peut être dégradée pour des raisons techniques (Seitz 2016; Smith 1983; Deakin,

43 S'il est possible d'enregistrer de manière externe l'entretien, à l'aide d'un dictaphone, il est néanmoins nécessaire dans ce cas-là de procéder à un traitement post-enregistrement, afin d'enlever les bruits parasites, notamment ceux issus des ventilateurs de l'ordinateur. Pour cela, un traitement a été opéré dans Audacity, à l'aide de filtres antibruits, de sélection de fréquences, etc. afin d'améliorer la qualité sonore.

Wakefield 2014) : une mauvaise connexion Internet peut altérer la communication, à travers des mots inaudibles ou des *glitches* vidéos, mais également des problèmes de contacts visuels rendus possibles par le positionnement de la caméra, et pouvant gêner certaines personnes. Cependant, la qualité sonore est compensée par l'environnement : l'entretien à distance se faisant généralement dans un environnement calme (à domicile, au bureau), et non pas dans un lieu public comme dans un entretien en face à face (café, etc.), la qualité sonore globale est améliorée, faisant l'économie de bruits parasites (discussions environnantes, etc.). Cependant, nous perdons, avec l'entretien à distance, les interactions en dehors de l'enregistrement. En effet, lors d'un entretien physique, le temps de l'échange compte également l'amont et l'aval de l'entretien, avec des discussions informelles parfois éclairantes. Même si nous pouvons retrouver ces échanges en visioconférence, ils sont plus succincts, pouvant ainsi faire perdre des informations informelles parfois cruciales dans la compréhension du terrain.

D'un point de vue logistique, l'entretien à distance peut également présenter un certain nombre d'avantages. En effet, il peut faciliter la négociation d'entretiens en s'adaptant à la disponibilité des personnes interrogées, ne contraignant pas à la durée de voyage sur un terrain, apportant ainsi une souplesse plus importante, permettant parfois d'intercaler plusieurs terrains au sein d'une même semaine. De manière plus anecdotique, l'entretien à distance permet de faire l'économie d'un voyage, permettant ainsi de minimiser les frais financiers inhérents, mais également de son empreinte carbone (Héas, Régnier 2022).

Nous pouvons dresser au sein de ce tableau les avantages et les inconvénients de l'entretien à distance :

Aspects	Avantages	Inconvénients
Techniques	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité sonore, avec moins de bruits « parasites » 	<ul style="list-style-type: none"> • Protection des données • Perte du signal audio et vidéo
Relationnels	<ul style="list-style-type: none"> • Enrichissement de l'entretien par les fonctionnalités de la visioconférence 	<ul style="list-style-type: none"> • La question du non verbal, inexistante ou causant une fatigue cognitive • Contact visuel
Logistiques	<ul style="list-style-type: none"> • Souplesse dans la négociation d'entretiens • Économie du voyage : gain financier et empreinte carbone 	

Si le choix de l'entretien à distance a été dans un premier temps une « rustine » dans un contexte d'enquête contraint et confiné, il est vite apparu comme une méthode à part entière, avec son intérêt et ses limites. Si l'entretien à distance permet en effet une simplification logistique dans l'accès au terrain, permettant de faire l'économie du voyage et une grande souplesse dans la négociation des entretiens, il diffère d'une relation « face à face », en perdant une partie du langage non verbal, ou des discours plus informels, mais pouvant être enrichi à travers des partages de contenus multimédias. De ce fait, si l'entretien à distance n'est pas une solution miraculeuse, qui ne peut remplacer un entretien en face à face, il n'est pas non plus un *ersatz*. C'est donc un format différent, qui peut présenter un intérêt, même dans un contexte où les mobilités ne sont pas entravées.



Nous avons fait le choix de comparer différents terrains, dans une approche nomothétique, afin de mettre à l'épreuve le cadre théorique que nous avons élaboré. À la suite à de difficultés d'accès à l'information, mais aussi de par l'ouverture de nouveaux terrains, nous avons modifié notre choix initial. Néanmoins, l'accès au terrain a été contrarié par les confinements successifs, nous obligeant à trouver une méthode d'enquête spécifique.

3. Le choix des acteurs et les entretiens réalisés

Afin de mieux comprendre la territorialisation, nous nous sommes efforcés de rencontrer un certain nombre d'acteurs participant à la construction sociotechnique de la géothermie. En nous fondant sur le cadre théorique présenté dans le chapitre 2, nous avons ainsi contacté les différents acteurs gravitant autour du projet : la sphère sociale (associations), la sphère administrative (services ministériels, collectivités), la sphère économique (industriels, les pôles de compétitivité, les syndicats d'industriels), la sphère techno-académique (universités, EPCI, etc.). En sus, nous avons également conduit des entretiens avec des personnes à l'échelle nationale (administration centrale, représentants des syndicats industriels, etc.), afin de comprendre les stratégies de développement à une échelle plus globale. Nous avons eu également des conversations informelles (et donc non enregistrées) avec certains chercheurs, notamment en géosciences, afin d'obtenir des éléments de compréhension techniques. De manière complémentaire, il a été récupéré des documents issus de la littérature grise (enquêtes publiques, rapports, etc.) nous permettant de compléter les discours des acteurs, en particulier quand ceux-ci ne nous ont pas accordé d'entretiens.

3.1. Élaboration d'une grille « type »

L'objectif des entretiens était de comprendre les discours autour des projets et du portage de la géothermie. Pour cela, nous nous sommes aidés d'une grille d'entretien, fondée sur une articulation des trois dimensions de notre cadre théorique légitimité territoriale/crédibilité de la solution/gouvernance. À partir d'une grille d'entretien commune reprenant cette architecture, une grille d'entretien spécifique a été élaborée pour s'adapter à chaque acteur.

Au début de chaque entretien, une présentation du projet de recherche est faite, ainsi qu'une demande d'autorisation d'enregistrement :

« Je suis un doctorant à l'université de Pau. Dans le cadre de ma thèse en géographie, je mène une recherche sur l'implantation locale de projets de géothermie profonde. Cette recherche s'inscrit dans le cadre du projet de recherche GÉFISS. Pour garantir la qualité et l'authenticité de vos propos, et si vous ne voyez pas d'objection, l'entretien sera enregistré avec un dictaphone. Les propos enregistrés seront utilisés dans la thèse. Les données ne seront utilisées que dans le cadre strict de la recherche et la confidentialité des propos sera préservée. Je pourrais, si vous le souhaitez, vous envoyer les entretiens transcrits pour anonymiser ou ne pas citer certains passages que vous jugerez trop sensibles. » (texte écrit en début de grille d'entretien).

Si le texte n'était pas forcément lu *in extenso*, les différents éléments étaient évoqués. Premièrement, il est rappelé le contexte de la recherche, permettant à l'interlocuteur d'en savoir plus. Souvent, cette partie faisait l'objet de discussion, suscitant l'intérêt et la curiosité de la part de la personne interviewée qui souhaitait en savoir plus. Dans un second temps, il est rappelé que des données (l'entretien) sont collectées, ainsi que leur finalité (un travail de recherche). Finalement, il est mentionné qu'il est possible pour ces derniers d'un droit de rectification de certaines informations, permettant de rassurer l'interlocuteur sur l'intégrité des entretiens et le respect de leur parole. Ces précautions ont cherché à se rapprocher au plus près des préconisations sur la protection des données personnelles⁴⁴, dans un contexte d'entretiens à distance, mais aussi à rassurer nos interlocuteurs pouvant être potentiellement frileux à parler de certains projets industriels en cours de réalisation.

Chaque grille commençait par une question permettant de présenter l'acteur et/ou sa structure : « *Pouvez-vous présenter votre structure ?* ». L'objectif de cette question était double. D'une part, elle avait une vocation informationnelle, permettant d'obtenir des éléments contextuels sur la structure, notamment du point de vue de l'acteur. D'autre part, cette question introductive, en laissant parler l'acteur d'un sujet qu'il maîtrise, permettait également une mise en confiance nécessaire pour fluidifier la suite de l'entretien.

44 Les sciences humaines et sociales et la protection des données à caractère personnel dans le contexte de la science ouverte – V2 [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 1 août 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.ouvrirlascience.fr/les-sciences-humaines-et-sociales-et-la-protection-des-donnees-a-caractere-personnel-dans-le-contexte-de-la-science-ouverte-v2>

La suite de l'entretien était une déclinaison des trois dimensions. À travers le thème de la *légitimité territoriale*, il était questionnée l'histoire du projet (ou de manière plus générale, de la géothermie sur le territoire pour les acteurs institutionnels), et étaient également posées des questions pour mieux comprendre le contexte, d'un point de vue législatif, de relation entre les acteurs, etc. La deuxième thématique, *crédibilité de la solution*, interrogeait les choix techniques et économiques du projet. La troisième thématique, *gouvernance*, questionnait à une échelle territoriale la structuration de la filière, avec les jeux d'acteurs par exemple, soit à l'échelle du projet les parties prenantes et leurs implications.

L'entretien se concluait par deux questions. La première question, « *Merci beaucoup de m'avoir accordé cet entretien. Souhaitez-vous aborder d'autres points qui vous semblent importants ?* » permettait à la personne interviewée d'apporter des éléments complémentaires qui lui semblaient importants, permettant ainsi d'éviter le « syndrome de l'esprit de l'escalier », c'est-à-dire penser ce qu'on aurait dû dire à la fin d'une discussion. La seconde question, « *Avez-vous des recommandations de personnes à rencontrer ?* », permettait d'avoir de nouveaux contacts à interviewer, en mobilisant la technique de la « boule de neige » (Guyot 2008). Cette méthode a permis l'identification d'acteurs, complétant la mobilisation de réseaux préexistants (membres du même projet de recherche, contacts du directeur de thèse), et l'identification d'acteurs à travers la lecture de la littérature grise.

3.2. Présentation des acteurs interviewés et déroulement des entretiens

L'ensemble des entretiens ont fait l'objet d'une prise de contact par courriel, afin de définir un rendez-vous. Lors de la prise de contact, nous avons présenté le travail de thèse, et la raison de notre rencontre. Il était également précisé les modalités de l'entretien (enregistrement, rencontre par visioconférence, etc.). L'ensemble des entre-

tiens ont fait l'objet d'un enregistrement, sauf quatre, qui se sont déroulés de manière informelle avec des chercheurs. La plupart des personnes ont été rencontrées une fois, à l'exception d'une qui a fait l'objet de deux entretiens.

Au total, nous avons réalisé trente-cinq entretiens (pour une durée totale de 28h30), avec une durée moyenne d'une cinquantaine de minutes, le plus court faisant dix-sept minutes (une association environnementale ayant suivi de loin un projet), et le plus long durant près de deux heures.

Si la plupart des demandes de prise de rendez-vous ont pu déboucher sur des entretiens, il y a eu néanmoins des échecs. Dans certains cas, ces refus peuvent s'expliquer par le fait que l'on s'est adressé au mauvais interlocuteur. Nous avons pu par la suite avoir un entretien en contactant les bonnes personnes (trois cas, dont une personne ayant changé de structure). Toutefois, dans d'autres cas, nous avons fait face à des absences de réponses malgré des relances (onze personnes). Ces absences de réponse / refus peuvent s'interpréter de manières différentes – bien que cela reste des hypothèses, du fait de l'absence de réponse. Cela peut être interprété comme un manque d'intérêt, pour notre interlocuteur, envers notre travail d'enquête (citons notamment trois associations ayant participé à la mission d'information et d'évaluation à Strasbourg, les représentants de filières – Géothermie Jura et Géothermie Suisse –, ou les municipalités – Haute-Sorne, Saint-Pierre-Roche, Parentis-en-Born) : pour ces acteurs, le sujet que nous traitions relevait du passé ou ne posait pas de problème particulier, et ne nécessitait donc pas d'y passer du temps (voire il n'y avait plus d'acteurs de ce passé dans la structure). Certains silences peuvent être interprétés comme un refus de communication, et donc d'un potentiel contrôle d'une communication, notamment dans un contexte de controverse. Citons notamment la principale association d'opposition au projet de Haute-Sorne, Citoyens Responsables Jura, dont l'absence de communication a été évoquée par d'autres acteurs en entretien. Citons également Fonroche Géothermie, dont nous n'avons pas pu avoir un représentant, malgré plusieurs

relances. Finalement, certains entretiens ont été reportés *sine die*, du fait du contexte de controverses induit par les séismes en Alsace (préfecture du Bas-Rhin).

Du fait d'un nombre restreint d'acteurs évoluant autour de ces projets, l'absence de ces entretiens pose des problèmes de représentativité. Par exemple, un entretien avec Fonroche Géothermie aurait permis de mieux comprendre la stratégie industrielle derrière les projets de Pau et de Vendenheim et, de manière plus globale, la vision qu'avait l'entreprise de la géothermie. Nous avons pu compenser en partie ce manque à travers la lecture des enquêtes publiques des projets, mais le manque reste important. Concernant Citoyens Responsables Jura, l'entretien aurait permis de mieux comprendre, de manière exhaustive, les raisons de leur opposition. Néanmoins, l'association s'étant exprimée sur les réseaux sociaux, nous avons pu combler de cette manière l'absence d'entretien : il est difficile de comprendre la logique des mobilisations par les réseaux sociaux, mais faute de mieux... De ce fait, l'absence de ces entretiens, bien que posant des problèmes de représentativité, du fait d'un nombre restreint d'acteurs évoluant autour de ces projets, a été comblée par la revue de presse et la littérature grise.

Nous pouvons résumer les acteurs rencontrés à travers le tableau suivant (en *italique* les acteurs ayant exprimé un refus ou un silence, malgré nos relances) :

Terrains/ Sphères	Sphère politique	Sphère sociale	Sphère administra- tive	Sphère écono- mique	Sphère acadé- mique	Total entretiens
Transversal (France)	∅	∅	DGEC (2 personnes, 3 entre- tiens)	AFPG (1) IFPEN (2)	BRGM (2) ADEME (1)	9
Saint- Pierre- Roche	<i>Municipalité</i>	Association (1)	∅	Industriel (1)	∅	2
Parentis	<i>Municipalité</i>	<i>Association environne- mentaliste</i>	Région Nouvelle- Aquitaine (1)	Industriel (1) Agriculteur (1)	∅	3
Alsace	Élu Euro- métropole (1)	Associa- tions (4) <i>Associations</i>	DREAL	Industriels (2)	EOST (2)	9
Pau	∅	<i>Industriel</i>	Aggloméra- tion de Pau (1)	Pôle Avenia (1)	Université de Pau (3)	5
Suisse	<i>Municipalité</i>	Associa- tions (3) <i>Citoyens Res- ponsables Ju- ra</i>	Canton (1) OFEN (1)	Industriel (1) <i>représentants de filières</i>	Chercheur SHS (1)	7

Nous avons tenté, lorsqu'il était possible, de rencontrer les différents acteurs faisant partie des différentes sphères que nous avons identifiées. Nous avons pu nous entretenir avec eux sur les différents thèmes de notre triptyque.



Dans une première partie, nous avons vu comment nous avons reformulé une commande sur l'acceptabilité sociale, en regardant les questions de territorialisation d'une technologie nouvelle. Cela a été possible à travers une prise de recul vis-à-vis du projet de recherche, et à travers une affirmation d'un positionnement scientifique. Ce positionnement s'est manifesté tant par une affirmation de la singularité et l'autonomie des sciences sociales, mais aussi dans la capacité de traduire, au sein de différents mondes sociaux, les approches qui lui sont propres.

Pour permettre l'étude de cette territorialisation, à travers la question du portage d'une technologie à différentes échelles, mais aussi en questionnant les trajectoires socio-techniques sur le temps long, nous avons fait le choix de méthodes qualitatives et compréhensives. Afin de combler les lacunes de certains projets, nous avons fait le choix de coupler différentes méthodes : entretiens semi-directifs, analyse de presse, recherche documentaire au sein de la littérature grise.

Dans une seconde partie, nous sommes intéressés aux terrains d'étude. Nous avons fait le choix de comparer la France et la Suisse. Le choix des terrains a néanmoins évolué au fil de notre recherche, du fait d'évènements internes au monde de la géothermie (notamment des séismes), et la mise en place de nouveaux projets.

La phase terrain s'est déroulée dans des conditions particulières. En effet, une pandémie, et les confinements inhérents ont empêché tout déplacement. Des solutions alternatives ont été trouvées, notamment à travers des entretiens en visioconférences. Si cette méthode présente des limites par rapport aux entretiens en face à-face, elle n'est néanmoins pas un *ersatz*, mais bel et bien une méthode à considérer.

Dans une troisième partie, nous nous sommes intéressés au choix des acteurs et aux entretiens. Si nous avons cherché l'exhaustivité, en contactant les différents types d'acteurs gravitant autour des projets, nous nous sommes néanmoins heurtés à quelques

refus ou silences. Nous avons conduit des entretiens, en reprenant l'architecture de notre cadre théorique, en abordant les thèmes de légitimité territoriale, de crédibilité de la solution et de gouvernance.

Ainsi, à travers ce cadre méthodologique, nous avons étudié comment une transition énergétique peut mobiliser un nouveau milieu, en s'intéressant à ses héritages, à ses acteurs et à sa régulation. Dans les chapitres suivants, nous allons nous intéresser à ces questions et à leur matérialisation.

**SECONDE PARTIE – L'EXTENSION
DES FRONTIÈRES DE LA
GÉOTHERMIE HORS DES BASSINS
SÉDIMENTAIRES**

CHAPITRE 4 – CARACTÉRISATION DE LA GÉOTHERMIE ET SON DÉVELOPPEMENT EN FRANCE ET EN SUISSE

Dans les chapitres précédents, nous avons émis l'hypothèse d'un développement différencié de la géothermie selon les territoires, du fait qu'elle est une énergie territorialisée, dépendante de son contexte géologique et social. Nous avons identifié des dimensions techniques, qui relevaient notamment des conditions géologiques pour lesquelles ces projets s'implantent, ainsi que des dimensions sociales, du fait de trajectoires sociotechniques et jeux d'acteurs propres à chaque territoire.

Nous proposons de regarder de manière plus approfondie les raisons de cette différenciation spatiale. Si l'étude détaillée, par terrain, se fait au sein des chapitres suivants, nous souhaitons exposer les grandes caractéristiques techniques qu'il nous semble nécessaire de connaître pour bien appréhender les chapitres suivants.

Nous présenterons dans une première partie les grands principes de fonctionnement de la géothermie. Nous reviendrons sur l'histoire de son développement – nécessaire pour comprendre les améliorations qu'elle a pu connaître –, pour passer d'un modèle d'une géothermie volcanique ou sur aquifère à une géothermie « améliorée » afin de permettre son développement dans de nouveaux contextes. Nous ferons ensuite l'état des lieux, notamment conceptuels et sémantiques, autour de cette géothermie « améliorée » au sein de cette filière.

Dans une seconde partie, nous nous intéresserons plus particulièrement à l'histoire de la géothermie en France et en Suisse. Si la France connaît une histoire d'un demi-siècle avec la géothermie, la Suisse entretient une histoire beaucoup plus récente. Ces différences, couplées avec un passif différent dans l'exploitation du sous-sol, font que ces deux pays disposent d'une trajectoire sociotechnique différente.

Finalement, dans une dernière partie, nous présenterons les principaux acteurs de la filière de la géothermie en France et en Suisse, dans lesquels on retrouve l'influence de la structuration politique des deux pays.

1. Grands principes de fonctionnement de la géothermie profonde

La géothermie profonde est une technologie dont le principe technique est ancien. Elle a connu dans les années 1970 une série d'améliorations techniques permettant d'accroître les possibilités d'implantations dans de nombreux contextes géologiques. Néanmoins, l'expression d'*enhanced geothermal system* ou géothermie améliorée est controversée au sein de la profession.

1.1. Principes généraux de fonctionnement de la géothermie profonde et de la « géothermie améliorée »

La géothermie consiste à prélever l'énergie thermique de la Terre (Manzella, Allansdottir, Pellizzone 2019, p. 2). Le principe technologique (voir schéma ci-après) est fondé sur la communication entre deux puits, appelés *doublet*, connectés par un « réservoir » (Manzella, Allansdottir, Pellizzone 2019, p. 4), qui se trouvent au sein d'un « gîte géothermique », c'est-à-dire un gisement d'une ressource minière. Un premier puits, dit « de production », récupère un fluide en profondeur (entre 2 000 à 5 000 mètres), une saumure réchauffée par la chaleur naturellement présente dans le sous-sol et issue du noyau terrestre, et la remonter à la surface. Une fois à la surface, la chaleur est alors valorisée, à travers une utilisation directe – pour alimenter une usine, un réseau de chaleur urbain ou des serres par exemple – à l'aide d'un échangeur de chaleur, ou être transformée en électricité en utilisant une machine à cycle organique de Rankine. Si récupération de lithium il y a, elle se fait par un traitement de la saumure. Dans un second temps, le fluide, refroidi, est ensuite réinjecté par le second puits, dit « puits d'injection ». De là, le fluide refroidi pourra à nouveau se réchauffer, à travers la circulation

au sein du « réservoir », c'est-à-dire des nappes phréatiques ou un réseau hydraulique circule à travers un milieu poreux (dans le cas d'un bassin sédimentaire) ou au sein d'un milieu faillé (lorsque la roche est du granit, par exemple). De ce fait, la géothermie est fondée sur le principe d'une boucle ouverte, où la principale ressource prélevée est la chaleur, transportée par un fluide.

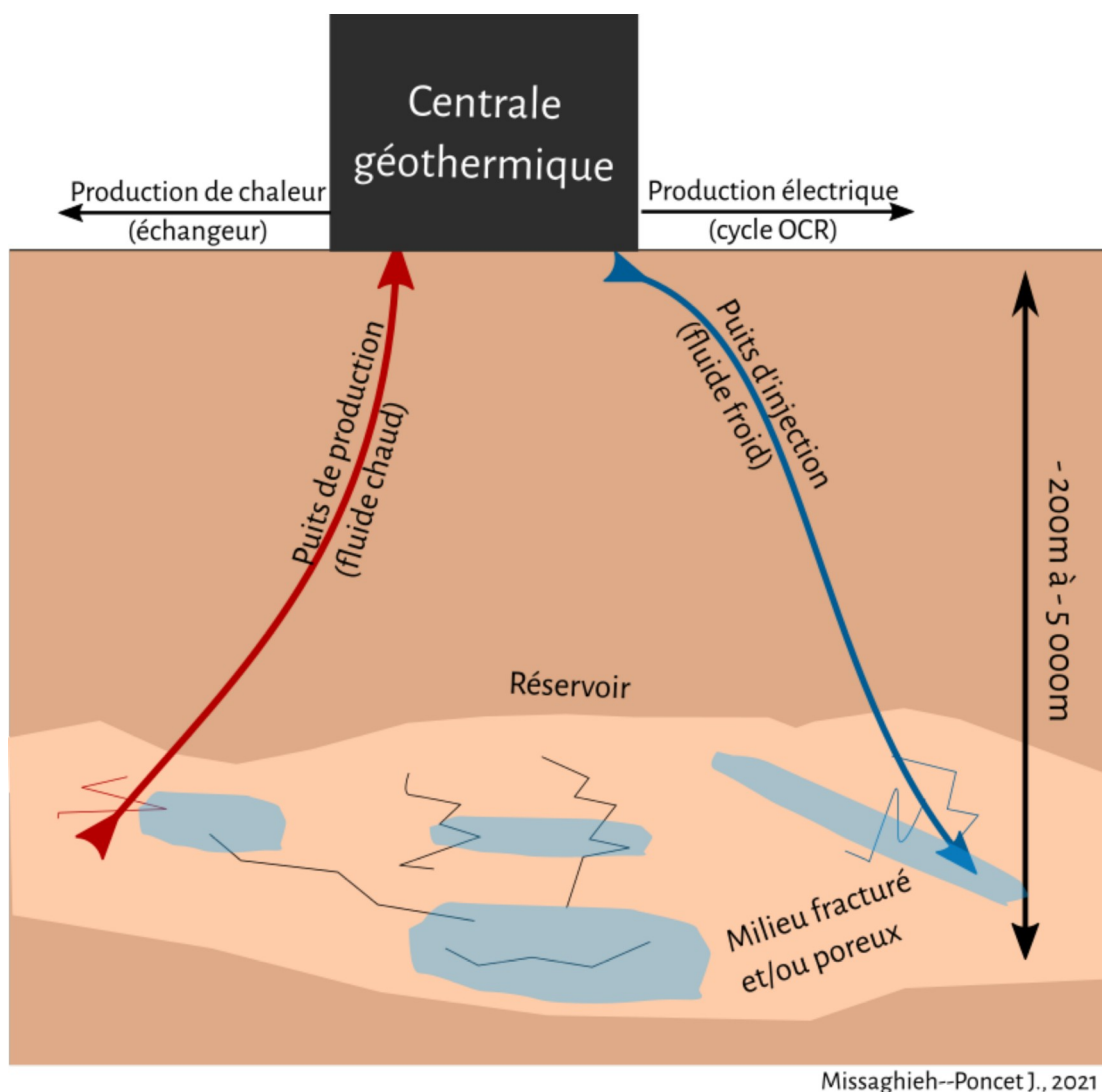


Figure 6: Schéma de fonctionnement de la géothermie profonde

Pour permettre la mise en place de la géothermie, il est nécessaire de satisfaire trois critères : la présence d'une chaleur – c'est-à-dire une température suffisamment intéressante pour l'usage que l'on souhaite –, la présence d'un fluide caloporteur – c'est-à-

dire de l'eau –, et la perméabilité – c'est-à-dire la possibilité de l'eau de pouvoir circuler au sein du sous-sol, par exemple au travers d'un réseau de failles ou au sein d'une matrice sédimentaire (Gentier 2013). Lorsque ces trois critères sont présents et satisfaits, on est dans un régime de système géothermique dit « conventionnel », technologie développée il y a un siècle, et qui pourrait être considérée comme mature (Lu 2018). Néanmoins, ce type de conditions n'est pas forcément une configuration répandue. Afin de suppléer à ces manques, il a été développé les *enhanced/engineered geothermal system* (EGS) ou systèmes géothermiques améliorés/développés, afin de compenser les dimensions manquantes. Une chaleur trop basse sera compensée par une technologie de conversion énergétique basse température, un fluide insuffisant passera par l'injection plus importante de fluide, et une roche insuffisamment perméable passera par une stimulation ou fracturation de la formation rocheuse (Gentier 2013). Pour ce dernier cas, particulièrement répandu, on parlera de *système géothermique stimulé*. Cette fracturation (la « stimulation ») consiste à rendre plus perméable une roche qui ne l'est pas (assez) naturellement, pour permettre une circulation du fluide. Ainsi, il est nécessaire de créer mécaniquement, thermiquement ou chimiquement des fractures (Breede et al. 2013). Cependant, et cela s'est particulièrement vu lors de nos entretiens, la notion d'EGS n'est pas particulièrement stabilisée parmi les différents acteurs, du fait d'un flou particulier autour de sa définition, débat qui sera évoqué par la suite dans ce chapitre. Par simplicité, nous entendrons par EGS l'ensemble des procédés devant agrandir un réseau de failles déjà préexistantes, et où un fluide préexiste.

1.2. Genèse et développement de la technologie : du *Hot Dry Rock* à l'*Enhanced Geothermal System*

Si l'usage de la chaleur du sous-sol est ancien – en témoigne le développement du thermalisme dès l'Antiquité –, on peut retracer le développement de la géothermie « moderne », et notamment électrique, au début du ^{XX}^e siècle. En effet, c'est dans la ville de Larderello, en Toscane (Italie) où, en 1904, est mise en fonctionnement la première cen-

trale électrique de géothermie, profitant d'un contexte volcanique favorable (Durand-Delga, Pandeli, Bertini 2001; Mazoyer 1999). Son usage pour les réseaux de chaleur urbains se développe en 1890 à Boise (Idaho, États-Unis), puis en 1930 à Reykjavik, en Islande (Manzella, Allansdottir, Pellizzone 2019, p. vii). Si, en Toscane ou en Islande, la géothermie a pu se développer grâce à un contexte géologique favorable – du fait de l'activité volcanique –, un certain nombre d'expérimentations ont été faites pour permettre le déploiement de la géothermie en dehors de ces zones favorables.

Les premières expérimentations de systèmes géothermaux améliorés (EGS) remontent à 1974, à Fenton Hill (1974-2000) – dans la Valles Calderas, au nord du Nouveau-Mexique, aux États-Unis –, au sein du *Los Alamos National Laboratory* (Lu 2018; Breede et al. 2013; Brown et al. 2012), un laboratoire de recherche appartenant initialement à l'armée américaine, mais transmise à la commission de l'énergie atomique dans les années 1940. Ce laboratoire était motivé par un brassage pluridisciplinaire chimistes, physiciens, géologues, géophysiciens, hydrologues...), avec une incitation à « venir avec des idées » (Brown et al. 2012, p. 4). Un groupe de chimistes, dirigé par Eugène Robinson, voulait développer de nouvelles techniques de forage profond. Au début des années 1970, cette équipe a créé une commission pour étudier le forage de roches en fusion, afin de développer un « *subterrene nucléaire* », un véhicule fonctionnant à l'énergie nucléaire, faisant fondre la roche et permettant de faire des forages avec un large diamètre (Brown et al. 2012, p. 5). Au sein de cette équipe, Bob Petter s'intéressait au développement de technologies de forages profonds pour l'appliquer à la géothermie, notamment pour atteindre la roche chaude cristalline. Il émet alors l'hypothèse que la technologie de fracturation hydraulique des couches sédimentaires – développée par l'industrie pétrolière – pouvait s'appliquer à la géothermie. Il suffirait alors de récupérer la chaleur contenue dans les roches cristallines en les fracturant et en y injectant et en faisant circuler un liquide – donnant lieu au principe du *Hot Dry Rock* ou roches chaudes sèches. Mort Smith et Don Brown proposent de tester cette technologie en pa-

rallèle au développement du *subterrene* nucléaire. Néanmoins, ce dernier projet fut abandonné et le programme de recherche fut réorienté en 1973 sur le tunnelage à large dimension et le développement de la géothermie (Brown et al. 2012, p. 7). Cette même année, les premières expérimentations de fracturation hydraulique furent mises en œuvre (Lu 2018), avec un forage progressivement de plus en plus profond, jusqu'à 4 000 mètres de profondeur.

Le principe du *Hot Dry Rock* (HDR) – en tant que création artificielle d'un réseau de fractures et d'injection d'un fluide non présent naturellement au sein de la roche – a été à la base de nombreux développements et expérimentations de la géothermie les années suivantes. Cependant, le principe de *Hot Dry Rock* fut progressivement abandonné au fil des expérimentations pour celui d'*Enhanced geothermal system*, où les principales différences sont l'usage d'un réseau préexistant de failles qui sont « améliorées », « agrandies » ou « réouvertes » – au lieu d'une création *ex nihilo* –, ainsi que l'utilisation d'un fluide déjà présent au sein du sous-sol – au lieu de faire une injection d'un fluide externe. S'il existe de nombreuses expérimentations, il nous apparaît opportun de revenir sur les plus marquantes, afin de comprendre le développement de la technologie et sa maturation.

Le projet de Rosemanowes (1977-1991) a été porté par l'école des mines de Camborne, au Royaume-Uni (Zhang, Zhao 2020). Ce forage à 3 000 mètres de profondeur a apporté de nombreux apprentissages, notamment concernant la réduction des pertes d'eau dans l'injection du fluide, la modélisation et le contrôle de la fracturation.

Le projet de Soultz (1986-2016) est un projet de recherche européen, regroupant Français, Allemand et Anglais, et cherchant à développer un démonstrateur en Alsace (BRGM 2005). Ce projet est considéré comme la démonstration la mieux réussie de l'EGS (Zhang, Zhao 2020) et fait directement suite à l'expérimentation de Fenton Hill. Ce projet cherchait à forer progressivement de plus en plus profond, jusqu'à 5000

mètres de profondeur, afin de prouver la viabilité de la technologie. En 2008, une centrale énergétique est mise en place, pour être raccordée au réseau électrique en 2010 (Gentier 2013), puis pour être reconvertie en 2016 en site industriel, devenant la première centrale EGS commerciale du monde, et portée par Électricité de Strasbourg (Lu 2018; Breede et al. 2013).

La technologie se diffuse progressivement à travers le monde, avec la mise en place de nombreux projets pilotes (Breede et al. 2013; Lu 2018). Plusieurs projets méritent néanmoins notre attention. Le projet de Hitjiori (1981-1986) au Japon était un démonstrateur qui utilisait des fissures naturelles. Lors de sa conception, le projet s'est heurté à des difficultés à prédire l'orientation des fractures, corrigées par une surveillance macrosismique accrue. Le projet de Bâle (2005-2006), en Suisse, s'est arrêté à la suite d'un déclenchement de séisme. Par la suite l'Union européenne s'est dotée du programme de recherche GEISER (*Geothermal Engineering Integrating Mitigation of Induced Seismicity in Reservoirs*) et ayant pour but de réduire la sismicité induite. Le projet de KiGam Pohang, initié en 2010 en Corée du Sud, est une centrale de démonstration ayant fait l'objet d'un séisme induit de magnitude 5,4 en 2017.

1.3. L'EGS, une notion peu stabilisée et discutée par les différents acteurs

Si le principe de la géothermie est fondé sur le captage d'un fluide chaud en profondeur, la technologie a évolué pour pouvoir s'adapter à différents contextes géologiques. Initialement développée, entre autres, dans les zones volcaniques, on a cherché à l'adapter. Si à l'origine, le concept du *Hot Dry Rock* s'est développé, il a vite été abandonné pour des raisons techniques au profit de l'*Enhanced geothermal system*. Cet héritage, néanmoins, a fourni une définition peu stabilisée de l'EGS, donnant lieu à des appropriations différentes par les acteurs rencontrés lors de nos entretiens. Il peut être inté-

ressant de confronter les différentes définitions afin de mieux comprendre les débats en cours dans le milieu de la géothermie.

Le développement de la technologie se fait dans des milieux où le contexte est peu favorable, principalement au sein de milieux sédimentaires. Cet acteur, chercheur au sein de l'École et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST) pointe ainsi la nature expérimentale et incertaine de l'EGS :

« Le Bassin de Paris, c'est une technologie qui est, je pense, ultra-mature, on fait des dizaines de doublets, il n'y a quasiment pas d'incidents, c'est une technologie qui est maîtrisée très très largement. [...] Il y a des choses encore, mais c'est quand même une technologie très mature. Là, on est sur une barrière technologique, là, en Alsace. Faire ces stimulations à cinq kilomètres de profondeur, dans un massif granitique. Soultz, c'était le pionnier, le pilote scientifique là-dessus, il y a eu quelques cas derrière qui ont été des succès, bon, certains aussi des échecs. Il y a quelques succès. [...] C'est une autre dimension en termes de technologie » (Strasbourg_EOST2, directeur de recherche)

Pour ce chercheur, si le développement de la géothermie est maîtrisé au sein des bassins sédimentaires, ce n'est pas forcément le cas en Alsace, où l'utilisation de l'EGS est nécessaire, du fait d'une configuration granitique du sous-sol. Ainsi, pour lui, il y a un véritable défi technologique à surmonter afin de faire mûrir cette technologie.

On retrouve cette idée d'amélioration technologique dans le propos de cet industriel suisse :

« Alors *Hot Dry Rock*, c'était le titre de cette BD⁴⁵, c'était là-dessus où on était arrivé il y a dix ans. C'est un terme un peu ancien je dirais, le *Hot Dry Rock*, c'était le premier terme qui était utilisé pour les projets aux États-Unis, à Los Alamos, et puis qui a été repris peut-être dans les phases initiales de Soultz, et je dirais qu'au fur et à mesure que ces technologies-là ont évolué, on s'est rendu compte que les roches n'avaient pas forcément besoin d'être *hot* et que le fait qu'elles soient sèches est tout relatif. Et puis finalement les roches ont toujours une certaine perméabilité naturelle, cette perméabilité est toujours saturée en eau, c'est qu'une question de proportion. Je dirais que l'idée initiale d'avoir des projets purement hydrothermaux [conventionnels] d'un côté et puis des projets *Hot Dry Rock* de l'autre, on est un tout petit peu revenu de ça, en voyant qu'il y a un *continuum* entre ces deux pôles. [...] Donc on ne sait pas, *a priori* quelles seront les conditions du sous-sol et à quel point le réservoir qu'on vise aura une perméabili-

45 Pour présenter et promouvoir son projet, ce dernier avait édité en 2014 une bande dessinée intitulée *Projet pilote Hot Dry Rock*, Badoux, Gefé, disponible sur geo-energie.ch.

té naturelle ou pas. Donc on se prépare à créer la perméabilité autant que possible si elle devait être très très basse. Maintenant, si la nature nous donne plus, on prend ce que la nature nous donnera, c'est tout bénéfice, je dirais. Mais dans tous les cas, on part de l'idée d'une perméabilité naturelle qui est insuffisante pour une perméabilité naturelle entre deux puits et qui doit être augmentée. On est purement dans une technologie EGS. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

Cet acteur propose une remise en question du concept du *Hot Dry Rock* et de l'évolution de la perception de cette technologie au sein de la filière. Néanmoins, il revient cependant sur ce terme, remis en question avec l'évolution de la technologie et des principes sous-jacents. En effet, si le *Hot Dry Rock* était fondé sur un contexte de roches chaudes, sèches et non fracturées, la réalité montre qu'il y a quand même la présence de fluides et de fracturation. Ainsi, au lieu de proposer une vision binaire entre roches sèches/humides ou perméables/imperméables, il propose de voir un *continuum*, avec l'idée d'amélioration de la perméabilité entre les deux puits.

Cet autre acteur, travaillant pour un industriel alsacien et considéré comme l'un des « pères de l'EGS », évoque une translation conceptuelle entre le *Hot Dry Rock* et l'EGS :

« Je pense que c'est important de remettre en contexte le terme EGS et d'autres concepts qui traînent autour de ce terme. Donc, initialement, il y avait un concept qui était celui du *Hot Dry Rock*. L'idée, c'était de chercher un granite, profond, chaud, mais qui n'était pas perméable du tout. Et l'idée, c'était d'aller le fracturer, et d'aller injecter de l'eau, et d'avoir au moins deux puits. Les deux seraient fracturés, l'un injecte, ça circule, l'autre pompe, et il ressort une eau réchauffée. Ça, c'était le concept du *Hot Dry Rock*, et ça, ce n'est pas la réalité, puisque dans la réalité, il y a plein de fractures naturelles où cette eau, elle circule. Et l'objectif, c'est vraiment aller améliorer la connexion du puits, avec tout ce réseau de fractures. Ce n'est pas aller fracturer. Après, ce terme, EGS, que nous on utilise sous le terme de *enhanced geothermal system*, c'est quand même, à mon sens, comment dire... c'est un terme pour faire la synthèse de ces deux concepts-là, parce que ça peut être aussi traduit par le terme *engineered geothermal system*, donc un système géothermique [...] fabriqué. [...] Du coup, qui était une autre façon en fait de garder ce concept *Hot Dry Rock* derrière l'EGS. Et donc, selon la personne et selon la source d'information qu'on peut avoir, il y a différents concepts derrière ce terme. Et donc on peut toujours croire qu'en Alsace, on est en train de fracturer la roche, toujours sur un modèle *Hot Dry Rock*, ce qui n'est clairement pas ce qu'on fait, en fait. Et beaucoup de gens vendent le terme EGS sur ce concept *Hot Dry Rock*, parce que c'est plus prometteur en termes de transposition à l'échelle mondiale. » (Strasbourg_ES, directeur général adjoint d'Électricité de Strasbourg Géothermie)

Pour cet acteur, le vrai *Hot Dry Rock* n'existe pas dans les faits. On ne « fabrique » pas un système, on est uniquement dans un processus d'amélioration d'un réseau déjà existant, notamment à travers les connexions. Cet acteur différencie, de plus, la fracturation (création de failles) et l'amélioration de puits (réactivation de failles déjà existantes). Il pointe également la confusion entre les deux concepts, parfois utilisés afin de promouvoir la technologie.

Pour ce chercheur à l'EOST, cette translation conceptuelle entre l'HDR et l'EGS est le fruit des apprentissages à Soultz :

« Au niveau scientifique, ils [les scientifiques de Soultz] étaient sur un modèle qu'on appelait le HDR, le *Hot Dry Rock*, et donc l'idée qu'ils avaient, c'était en profondeur c'est qu'il y avait de la roche compacte et qui était chaude, mais sèche, et qu'il fallait falloir la fracturer et puis mettre des fluides, faire chauffer des fluides dans les fractures et remonter le fluide. Très schématiquement. Et en fait quand ils ont foré, ils se sont rendu compte qu'il n'y avait pas besoin de faire tout ça du tout, vu que c'était déjà bien fracturé en fait et qu'il y avait déjà plein de fluides. Donc en fait, ce qui est plus astucieux, c'est de faire circuler le fluide qui existe déjà, de le faire remonter à la surface, d'en extraire la chaleur et le renfoncer dans le sol. Et ça, c'est le modèle EGS, *Enhanced Geothermal System*. On est passé d'un modèle *Hot Dry Rock* à un EGS. [...] Ça, ils l'ont appris à Soultz. Donc de ce fait-là, il y a plus besoin de faire de fracturations non plus, parce que les fractures existent déjà. Donc il y a juste besoin, comme on dit un peu, de stimuler les fractures pour qu'elles permettent de mieux faire circuler l'eau. Donc c'est de *l'enhanced*, c'est de la stimulation. Et maintenant plus personne ne parle de fracturer pour faire de la géothermie, mais on est bien sur un modèle où on fait circuler de l'eau chaude, on récupère de la chaleur et on la renvoie dans le sous-sol, dans des boucles qui sont en surface, complètement fermées. [...] Après, ils ont encore été un peu plus loin dans le principe, et maintenant quasiment ils ciblent les grosses failles pour faire circuler les fluides. Donc, ils font de la géophysique avant, des modèles du sous-sol, et après ils ciblent de grosses failles et dans ces grosses failles ils essayent de faire circuler les fluides. Évidemment c'est bien pour faire circuler, ça circule mieux, bon après, sur le long terme, la stabilité de la faille est toujours à questionner. » (Strasbourg_EOST1, directeur de recherche)

Pour cet acteur, le concept d'HDR est dépassé, du fait que les conditions sont plus favorables qu'attendu. Il y a eu donc une modification des procédures ; il n'est pas nécessaire d'injecter de l'eau, il suffit d'utiliser le fluide déjà présent. De même, il y a également déjà un réseau de fractures préexistantes, il suffit de faire de la stimulation pour améliorer la circulation. Une évolution a également eu lieu, grâce à laquelle il est ciblé

les grosses failles pour optimiser la circulation. De ce fait, de par des conditions géologiques plus favorables qu'espérées, le modèle a changé.

Cet industriel expose les difficultés concernant les failles colmatées et les moyens d'y remédier :

« Je dirais que plus on fore, plus les concepts évoluent. En fait, par rapport au Bassin de Paris, [...] c'est un bassin poreux matriciel. Ce sont des rochers qui sont naturellement poreux. Si on regarde, elles sont aussi beaucoup fracturées, mais elles sont naturellement poreuses, et donc ce sont des calcaires. Donc c'est en gros des choses assez classiques de géothermie, et c'est aussi facile de trouver la ressource [...], parce qu'il suffit de suivre cette couche qui est relativement horizontale [...]. Ils sont à une cinquantaine d'opérations, et les seuls échecs qu'il y a pu avoir ces dernières années c'est que par endroit il y a des zones qui sont plus marneuses, donc moins perméables naturellement [...]. On est dans une région [en Alsace] qui a été naturellement et tectoniquement active, donc il y a des failles géologiques actives qui existent. Et que dans une partie de ces failles, il y a de l'eau qui circule, naturellement. Sauf que la difficulté, c'est d'intercepter ces drains, qui généralement ne sont pas de grosses couches poreuses comme le Bassin de Paris, mais des choses plus compliquées à identifier. On peut savoir où sont les failles, mais savoir où est le drain lui-même, c'est plus compliqué. Et donc, ce qui peut se passer, c'est que lorsqu'on fait nos forages, on recoupe ces drains, et, localement, le drain est colmaté, parce qu'il y a eu des dépôts naturels, et nous on met en œuvre des techniques, nous on appelle de la stimulation, où on fait soit de la stimulation chimique, c'est-à-dire qu'on va dissoudre les minéraux, par exemple des carbonates [...], soit de la stimulation thermique, où on réinjecte de l'eau froide, dans un milieu d'eau chaude, ce qui a tendance à faire, de manière simpliste, ça fait claquer la roche, elle se contracte et réouvre des petites fractures et on améliore la perméabilité du système. Et la troisième technique qu'on a utilisée aussi, c'est de faire des stimulations hydrauliques, c'est-à-dire qu'on envoie de l'eau par palier, sous pression, et on essaye d'atteindre les débits nominaux de fractures [...]. Et donc, de tout ça, ce qui peut se passer, lorsqu'on fait de l'hydraulique, notamment de la thermique, beaucoup moins de la chimie, on peut générer une microsismicité. Pourquoi ? Parce qu'on réouvre des fractures, qui naturellement existent [...] et naturellement ces fractures [...] elles bougent un peu [...] et elles peuvent créer des microséismes. [...] Donc, pour nous, l'EGS, c'est plutôt une amélioration de puits, quand il est moins bon. Ce n'est pas un concept géothermique, c'est vraiment des techniques d'amélioration de puits. »
(Strasbourg_ES, directeur général adjoint)

Cet industriel nous dit que l'EGS est employé dans les bassins non sédimentaires, où la circulation est plus difficile. La principale difficulté est de repérer les failles, et de les décolmater. Plusieurs moyens sont ainsi mis en œuvre : procédés chimiques pour dissoudre les minéraux, procédés thermiques pour créer un choc thermique, pression hy-

draulique. Néanmoins, ces procédés peuvent générer des microséismes. Ces différents procédés sont vus comme une amélioration du réseau, plutôt qu'une création *ex nihilo*. Bien que cette amélioration soit valable à Soultz, elle ne l'est pas forcément dans d'autres contextes, et l'industriel cherche ici à vanter la fiabilité de la technologie qu'il a développée.

Pour cet autre chercheur à l'EOST, la question de la fracturation/stimulation est également un moyen de réduire les risques sismiques :

« Soultz a démarré dans ce qu'il est globalement compris comme le concept, après ce n'est pas unanime, mais je vais utiliser juste le mot pour donner une image, donc, *Hot Dry Rock*. Derrière ça, vous interrogez dix personnes, il va vous donner dix réponses, pourtant tout le monde le dit, c'est un concept ultra bien connu. [...] Là, ce qui est intéressant avec Strasbourg, c'est que c'est un autre niveau, c'est que les industriels, quelque part, pour montrer qu'il... il y a eu quand même des craintes par rapport à ça, *fracker* un milieu, on est dans le domaine de la fracturation hydraulique, etc., ça génère des réactions. Donc par rapport à ça, la démarche [...] c'était de dire qu'on va quitter cette zone de risques, en allant dans des milieux qui sont déjà préfracturés et quelque part très circulants. [...] On ne fait que des modifications *a priori* très marginales de ça. Ce qui était vendu, c'est ça. On était plus *soft*, dans le sens qu'on modifiait moins le milieu naturel, on partait beaucoup plus de cette situation, d'un préformatage du réservoir initial par la nature, et ça a une plus faible perturbation du milieu, donc plus acceptable. [...] Rittershoffen était un incroyable succès là-dessus. [...] Mais vouloir appliquer ce modèle-là, à Strasbourg [...], était certainement loin d'être trivial [...]. Et puis, on sait aussi que l'état de l'art sur les failles, une faille ce n'est pas forcément un chenal de circulation très favorable. [...] Mais pendant longtemps, les failles peuvent être cicatrisées, voire très cicatrisées et peuvent être des barrières hydrauliques majeures. Et du coup, pas du tout favorable à la géothermie. »
(Strasbourg_EOST2, directeur de recherche)

L'EGS est ainsi vu comme un moyen d'éviter la fracturation hydraulique, et donc de réduire le risque de générer des séismes induits, peu acceptables par la population. Cependant, la technique comporte un certain nombre de difficultés, du fait du colmatage de failles pouvant empêcher les circulations. Cette citation est particulièrement intéressante dans le cadre de notre analyse. En effet, elle permet de sortir d'une conception théorique de la géothermie améliorée – avec l'idée qu'elle puisse être relativement aisée à mettre en œuvre, une fois la procédure maîtrisée –, pour retrouver la réalité, géogra-

phique. Du fait que deux milieux ne se ressemblent pas, les possibilités d'implémentation de cette solution vont également varier, avec des chances de réussite variables.

On a pu voir que l'EGS constituait un changement conceptuel par rapport à l'HDR. Néanmoins, le président de l'Association française des Professionnels de la Géothermie (AFPG) tient un discours en contrepoint :

« Alors, l'EGS c'est un mot que je n'aime pas trop, pour avoir participé à la création de ce mot-là. En fin de compte, au début, c'était de la fracturation, du *Hot Dry Rock*, et donc qui n'a pas apporté grand-chose. Il y a toujours beaucoup de budgets sur toute la planète pour faire cette fracturation. Et le problème c'est qu'on a mis en place de terminologie d'EGS pour permettre pour ceux qui veulent faire de la fracturation de continuer à la faire sous cette forme-là. Donc en l'appelant EGS. Et pour moi, on reste vraiment sur la production de chaleur à partir d'aquifères. Donc il faut qu'il y ait de l'eau dans le sous-sol. [...] Moi, l'EGS, c'est un terme qu'on peut quasiment mettre de côté, c'est vraiment le travail consiste à explorer le sous-sol pour trouver les gisements, pour trouver les aquifères, et puis quand on a trouvé ces aquifères pour forer, se connecter ces réservoirs et ensuite classiquement c'est le doublet, production et injection. [...] Depuis Los Salamos dans les années 1970 jusqu'à aujourd'hui, en passant par Bâle, par Soultz, par Pohang, ce sont des échecs cuisants, et même ça fait un peu peur, donc, de fracturer des zones qui sont déjà bien fracturées. » (TFR_AFPG, président de l'association de filière)

Pour cet acteur, l'EGS est surtout un terme permettant de faire de la fracturation. Pour lui, la géothermie est essentiellement faite sur le modèle parisien, les expérimentations d'EGS sont, selon lui, des échecs. Cependant, comme le premier *verbatim* présenté, il pointe la question de la barrière technologique à surmonter (ici à travers des échecs). L'EGS est ainsi perçu ainsi comme un terme « vendeur », permettant de capter des financements pour conduire des projets de recherche et industriels dans ce domaine.

La question de l'EGS est ainsi variablement perçue par les différents acteurs. Si certains acteurs perçoivent l'EGS comme une évolution de l'HDR, d'autres y perçoivent un simple terme permettant de justifier la fracturation. Si l'évolution de l'HDR vers l'EGS est une position dominante chez les personnes interrogées, il est intéressant de voir qu'elle continue d'être une technologie en développement, avec des succès et des échecs. Le changement conceptuel vient du fait qu'il existe des conditions géologiques

plus favorables qu'anticipées. De fait, on passe d'un système où il est nécessaire de fabriquer *ex nihilo* un système géothermal, avec son réseau de failles et de fluide, à une amélioration de l'existant. Cette amélioration passe par la reconstitution d'un réseau de failles préexistantes, à travers différents procédés de « stimulations » chimiques, hydrauliques ou thermiques, afin de les « décolmater », au risque de générer de la microsismicité. Le concept de l'EGS est, comme nous l'avons vu, peu stabilisé dans ses définitions et conceptions. Néanmoins, il est nécessaire de comprendre cette notion, du fait qu'elle est mobilisée – et centrale – dans l'extension de la géothermie au sein de contextes géologiques peu favorables.



La géothermie profonde a donc un principe de fonctionnement simple, consistant à faire circuler un fluide en profondeur afin de récupérer la chaleur du sous-sol. Néanmoins, pour y arriver, il est nécessaire de valider un certain nombre de critères – chaleur, perméabilité, présence d'un fluide. Du fait du manque d'un de ces critères, et notamment la perméabilité, la géothermie dite « améliorée » a été inventée. Parmi les différents procédés, on compte la stimulation, consistant à reconstituer un réseau de failles préexistantes. Néanmoins, au sein de la filière, la notion d'EGS est floue et débattue, tant elle est mise en parallèle avec le *Hot Dry Rock* ou en regard avec les risques de sismicité induite. Si les industriels présentent la technologie comme quelque chose de mature et ayant un intérêt certain – la montrant sous un jour favorable, du fait que la technologie fait partie de leur modèle économique –, les scientifiques se montrent plus prudents et circonspects concernant l'implémentation de cette technologie, remettant en cause son universalité.

Ces différents éléments montrent que la géothermie n'est pas un objet technique unique, mais peut se manifester sous différentes formes. De ce fait, la géothermie est un objet complexe, et extrêmement dépendant du contexte géologique.

2. Le développement de la géothermie en France et en Suisse

La France et la Suisse connaissent deux trajectoires sociotechniques concernant la géothermie profonde. Si la France connaît un développement ancien – dès les années 1970 –, le développement de la géothermie est plus récent en Suisse, et remonte aux années 2000.

2.1. La géothermie en profonde en France : du choc pétrolier de 1973 au renouveau des années 2010

On peut découper l'histoire de la géothermie française en quatre périodes. Une première période, fait suite aux chocs pétroliers des années 1970, durant lesquelles le développement de la géothermie était marqué par un besoin de suppléer au pétrole. Une seconde période, des années 1990 aux années 2010, marque un reflux de la technologie. Elle connaît son retour dans la décennie 2010, notamment pour le développement de la géothermie électrogène. Finalement, au tournant des années 2020, la géothermie se réoriente vers la production de chaleur et de lithium.

2.1.1 Les prémisses du développement de la géothermie

En France, les premières expérimentations de géothermie remontent aux années 1930, avec des forages réalisés entre 1933 et 1941 dans le quartier du Grenelle à Paris, pour alimenter des serres et des hôpitaux. Néanmoins, faute de débit suffisant, le projet n'arrive pas à son terme (ADEME, G2H Conseils 2016, p. 3).

Si la géothermie est déjà perçue comme une source d'énergie potentielle dans les années 1950, en étant désignée comme « houille rouge » (Marrec 2018, p. 351), elle n'est pas perçue comme pertinente par les acteurs de la planification (Marrec 2018, p. 355). Cette question est traitée dans les revues d'ingénierie, *La Nature* et *Le Génie civil*, où il est évoqué la possibilité de faire des forages profond (8 000 m de profondeur), en utili-

sant les techniques du secteur pétrolier (Marrec 2018, p. 365). Néanmoins, ces projets ne sont que les reliquats d'expérimentations et ne font pas partie d'un idéal de « modernité » qu'avait alors la France (Marrec 2018, p. 369). En effet, la géothermie était alors circonscrite à certains sites d'Outre-mer, dont Bouillante en Guadeloupe, qui présenteraient des caractéristiques intéressantes pour concurrencer le pétrole (Marrec 2018, p. 427-428).

Si un forage a été réalisé en 1964 pour chauffer la Maison de la Radio à Paris (ADEME, G2H Conseils 2016), le premier site à utiliser un doublet géothermique se trouve à Melun l'Almont, en Seine-et-Marne, dans le but de chauffer 3 300 logements d'une nouvelle ZUP :

« Ces techniques de doublets, en fait, couplés à un réseau de chaleur, c'est les Français qui ont mis ça au point, en 1969, avec la première opération de géothermie réalisée à Melun l'Almont [...]. Il y a eu pas mal d'opérations réalisées sur ce concept-là [...], et à l'époque c'était vraiment l'*eldorado*, puisque le coût du pétrole augmentait [...] l'idée était d'indexer les recettes de la géothermie sur le coût du pétrole. Et à l'époque [...], la plupart des opérations ont été réalisées sur emprunt. Les fonds propres, c'était de l'ordre de 10 % et puis le reste c'est des taux sur emprunts. Essentiellement des collectivités locales qui empruntaient, et les taux à l'époque étaient autour de 15 % – 16 %. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Le développement de la géothermie était motivé par des raisons économiques – une énergie bon marché face au pétrole –, mais également motivées par la création de réseaux de chaleur urbains et collectifs, en contrepoint du modèle pour chauffer un bâtiment unique, à l'instar de la Maison de la Radio.

2.1.2 1970-1990 : les premiers développements, pour faire face aux chocs pétroliers

Si l'expérience de Melun l'Almont était précurseuse du modèle d'une géothermie alimentant les réseaux de chaleur urbains, ce modèle se développa dans les années 1970. En effet, en 1974, la France fait le choix du nucléaire, à travers le Plan Messmer. L'AFME, dirigé par des opposants à la politique nucléaire (« l'appel des 400 » en 1975), fait adopter l'utilisation du solaire comme source d'énergie (Marrec 2018, p. 576). Le

choc pétrolier de 1973 va ainsi conduire à une politique favorable à la géothermie. En 1974, la Direction générale à la recherche scientifique et technique (DGRST) va créer le **Comité Géothermie**⁴⁶, qui aura pour mission d'étudier les ressources et les possibilités d'utilisation de la géothermie, et regroupera des membres de différents ministères (Équipement, Qualité de vie), la DATAR, l'AFE, la DGRST, le BRGM... (Marrec 2018, p. 546-547). Des utilisateurs (notamment les communes), mais aussi des entreprises pétrolières, à l'instar d'Elf, Total, Shell ou BP, vont alors exploiter des projets de géothermie, dans une perspective de chauffage de logements collectifs, d'opérations industrielles et agricoles (des serres par exemple) (Marrec 2018, p. 548).

Cette période est marquée par une volonté de l'État de mettre en place une politique volontariste de développement de la géothermie :

« Le lancement de la géothermie remonte avec la création du premier choc pétrolier, en 1973, avec la création en 1974 du Comité Géothermie, qui était un comité qui dépendait directement du ministère de l'Industrie. En 1978, il y a eu une réforme du Code minier, qui date de Napoléon, et qui, en 1978, a été amendé pour introduire la géothermie, une réglementation spécifique pour la géothermie, au niveau minier, qui n'existait pas, pour essayer de lancer des opérations de géothermie profonde. Et effectivement, avec le second choc pétrolier de 1979, l'État a commencé à mettre en place une politique en matière de développement des énergies renouvelables, plus active, et notamment la géothermie. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Cette politique volontariste est marquée par une prise en compte législative de la géothermie, et se ressent également à travers la mise en place d'une politique de développement des énergies renouvelables. Concernant la géothermie, cela se manifeste notamment par la création de la société Géo-Chaleur en 1979 qui regroupe des capitaux de différents organismes : Union des organismes HLM, la Caisse des dépôts et consignations, le BRGM, Charbonnages de France. Elle jouera d'un rôle important en tant que maîtrise d'ouvrage déléguée pour le compte de collectivités publiques et des structures de gestion de HLM (ADEME, G2H Conseils 2016).

46 Cette entité sera fusionnée au sein l'AFME en 1982, qui deviendra l'ADEME en 1991, le comité sera supprimé en 1996.

En sus, ont été mis en place des mécanismes de garanties financières, en 1981, le fonds de garantie long terme – couvrant la période d'exploitation des ouvrages –, et en 1982, le fonds de garantie court terme – pour couvrir le risque géologique, c'est-à-dire l'absence de ressources. Ces fonds sont gérés par la Société Auxiliaire de Financement pour la géothermie (SAF-Géothermie, renommée en 1993 SAF-Environnement), une filiale de la Caisse des dépôts (ADEME, G2H Conseils 2016).

La géothermie s'est ainsi développée essentiellement au sein de la région parisienne et dans le bassin aquitain. Ces localisations sont le fait d'un héritage sociotechnique :

« Il y a eu un boum de la géothermie profonde dans les années 1980, jusqu'en 1985, essentiellement en région parisienne et en région Aquitaine. Pourquoi ces deux régions-là ? Parce qu'en fait, ces deux régions, dans les années 1970, après le premier choc pétrolier, avaient fait l'objet de campagnes d'exploration pétrolière. [...] Il y a de nombreux forages réalisés pour chercher du gaz [...] du pétrole. Si bien dans certains endroits, le nombre de forages réalisés par les pétroliers ou les gaziers ont permis de connaître suffisamment bien le sous-sol et dire que là, peut-être effectivement il y avait des ressources pour la géothermie. [...] Les deux grandes régions où on a foré [...] c'était la région parisienne et la région Aquitaine. [...] Le développement de la géothermie s'est fait dans ces deux régions-là, que l'on connaissait un peu mieux que les autres » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Le développement de la géothermie s'est principalement fait dans les bassins parisien et aquitain. En dehors des conditions géologiques particulières – notamment le Dogger parisien permettant de fournir de la géothermie dans une grande partie de l'Île-de-France –, une des raisons du développement est due à l'héritage sociotechnique. En effet, la prospection pétrolière passée, remontant aux années 1950 et 1960, a permis de faire une cartographie des ressources du sous-sol, permettant ainsi de mieux connaître les sources d'eau chaude nécessaires pour la géothermie. Le développement s'est ainsi traduit par une multiplication de projets, notamment en région parisienne :

« Ce qu'on a observé [...] tant que la géothermie n'était pas un enjeu trop important, vous aviez d'un côté les collectivités qui cherchaient une ressource de chaleur, qui cherchaient à implanter des forages à proximité de la source de chaleur et une entité en particulier, une filiale du BRGM qui du fait de ses compétences techniques, était capable de trouver, par le biais de la circulation de l'eau, le moyen de faire remonter ses calories, mais parce que l'on connaissait la res-

source. La ressource qui était dans le Dogger du bassin de Paris [...] a été mise en évidence par toutes les ressources pétrolières antérieures [...]. Il fallait à ce moment-là la technicité [de la filiale du] BRGM [...] pour savoir faire des ouvrages et créer ce cycle d'eau chaude. [...] Partout où se trouve cette nappe du Dogger, qui était accessible [...] une collectivité locale, assez facilement, pouvait demander à ce qu'on fasse [...] deux puits [...] pour qu'on fournisse de la chaleur. Donc ça, c'était assez simple » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

« Si ça a démarré dans les années 1980 en Île-de-France [...] c'est qu'on n'avait pas à se poser la question si la ressource était là. [...] On s'était déjà rendu compte, grâce [...] à l'exploration pétrolière dans le Bassin parisien [...] qu'il y avait une ressource à 70°, quasiment à l'endroit de Paris. [...] On avait le marché [...] la ressource était connue, bon, il « suffisait » [de] forer pour [avoir] de l'eau chaude. » (TFR_DGEC2, chef de projet au ministère de la Transition écologique)

Ce développement a été possible grâce à la rencontre d'un certain nombre d'acteurs et de circonstances locales : la présence d'une ressource facilement accessible, le Dogger ; la conjonction d'acteurs, comme le BRGM jouant le rôle d'expert technique, mais aussi d'un débouché, émanant d'une collectivité locale ; ces circonstances, rendues possibles, par le fait de « simplement » forer pour extraire une ressource. Entre 1975 et 1985, une soixantaine d'opérations géothermiques ont été réalisées.

Néanmoins, cette technologie a connu un certain nombre de difficultés : des trous de corrosion sont apparus dans les tubes de forages, conduisant à l'arrêt des projets :

« Sur ces opérations, réalisées en région parisienne, sont apparus des problèmes de corrosion, qui n'avaient pas été évalués suffisamment. [...] La plupart des opérations se sont retrouvées en difficulté de fonctionnement, avec des trous dans des forages, dans des tubes, qui constituaient le forage. Donc des opérations à l'arrêt. [...] Ça a duré jusqu'en 1987, où l'État a dit « bon, on arrête tout, on donne plus d'aide ». Et la plupart des opérations étaient réalisées en région parisienne, il y a eu une pression politique [...], les élus locaux ont réagi, ils sont allés voir le Premier ministre. Et en 1989, il y a eu une mission confiée à un préfet, pour faire un point sur la situation, et trouver des solutions. [...] L'ADEME a été chargée à l'époque de mettre en place [...] un programme de recherche prioritaire, avec des moyens financiers qui nous ont été alloués par l'État, pour trouver des solutions à ces problèmes de corrosion. [...] On a défini des programmes avec la filière [...] on a notamment fait travailler le BRGM [...] pour trouver des solutions à ces problèmes de corrosion. Il y avait également des problèmes de pompes, et des problèmes aussi des problèmes de forage des puits, puisque la corrosion provoque aussi des dépôts de fer et il fallait nettoyer ces puits, donc trouver des outils de curage qui n'abîment pas trop les puits. [...] Il y a eu tout un programme, qui a duré deux ans, et qui a permis de trouver des solutions. [...] Ça a conduit notamment à la mise en place sur les installations de géothermie, qui ont été nettoyées,

on les a réparés et on a mis en place des systèmes de protection contre la corrosion. [...] Toutes les opérations ont été équipées de ces systèmes-là, et ces systèmes-là ont été en partie financés par l'État. [...] Il y a eu parallèlement à ces aspects techniques qu'il y a eu des aspects financiers, on a regardé l'état des finances des opérations. Et toutes les opérations qui n'étaient pas viables économiquement ont été arrêtées. [...] Il y a eu à peu près un tiers des opérations qui ont été arrêtées. Et les autres ont continué à fonctionner, avec l'aide de l'État. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

L'origine de cette corrosion était d'origine biologique. Des micro-organismes ont conduit à l'arrêt de plusieurs installations. Pour y remédier, il a été créé en 1984 une structure de recherche et développement conjointe entre l'AFME et le BRGM à Orléans : l'institut mixte de recherche géothermique (IMRG). Cet organisme a été dissout en 1994, notamment à la suite de la résolution des problèmes identifiés.

La période 1970-1990 a été marquée par le développement de la géothermie, notamment en région parisienne, permettant de développer des réseaux de chaleur, afin de faire face aux chocs pétroliers. Si des problèmes techniques ont été identifiés, notamment de bio-corrosion, ils ont vite été résolus. Néanmoins, la géothermie fut reléguée au second rang durant la décennie suivante.

2.1.3 1990-2012 : une période de reflux

À la suite de l'évolution de la conjoncture, avec le contre-choc pétrolier, la géothermie connaît une période de reflux :

« Tout ça s'est développé, jusqu'en 1985, avec un retournement de la conjoncture énergétique, c'est-à-dire le contre-choc pétrolier, avec une chute drastique du coût du pétrole. [...] Les recettes ont diminué tout autant. Mais les emprunts restaient toujours à rembourser, avec des taux relativement importants. Et avec la décrue de l'inflation a fait quand même malgré tout les taux d'emprunts qui ont diminué, il y a un différentiel entre le taux d'inflation et les taux d'emprunts contractés au début des années 1980, qui étaient tels que les collectivités locales ne pouvaient plus rembourser. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Ce reflux est marqué par une baisse de l'attractivité de la géothermie du fait de son modèle économique, qui n'était plus compétitif face au prix du pétrole, qui connaît un

contre-choc pétrolier. Cela s'est traduit par un arrêt d'un soutien étatique à cette énergie :

« Pendant vingt ans pratiquement, de 1987 à 2007, il n'y a pas eu de financements de nouvelles opérations. L'État a dit « non, on n'aide pas », et puis entre-temps, il y a eu d'autres énergies renouvelables, il y a eu le solaire, il y a eu l'éolien, il y a eu le bois, et donnait plutôt la priorité à ces filières-là, et l'ADEME a géré la situation au niveau de la géothermie, en essayant d'aider les maîtres d'ouvrage à conserver leurs installations et puis surtout à préparer l'avenir. En disant « bon c'est vrai, l'État ne peut pas réinvestir en géothermie, mais on a quand même un savoir-faire ». » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

L'arrêt des aides s'est traduit par une réorientation vers d'autres énergies renouvelables. L'ADEME, quant à elle, jouait un rôle d'entretien des infrastructures existantes et de la préservation des savoir-faire. Le fonds de garantie à court terme a été supprimé en 1996, et le fonds de garantie en 2013 après l'échéance de la dernière opération prise en garantie (ADEME, G2H Conseils 2016, p. 7).

Dans ce contexte, il y avait un enjeu, notamment pour l'ADEME et le BRGM, de relancer la filière. Cela est passé par un travail de communication auprès des pouvoirs publics, afin de vanter l'intérêt de la technologie :

« L'idée que j'ai eue, parce que c'est moi qui me suis occupé de géothermie à partir de 1993 au sein de l'ADEME, c'était de remonter cette filière au niveau des pouvoirs publics, en disant « écoutez, il y a eu des problèmes, mais aujourd'hui on sait faire de nouvelles opérations, et on pourrait les faire sans problème de corrosion, et il y a du savoir-faire ». [...] Progressivement, avec le BRGM, [on a] remis en place une politique de soutien à la géothermie. On a d'abord fait beaucoup de communication, en disant que ça fonctionne [...], il y a des opérations... parce que le problème de la géothermie c'est qu'on ne voit pas grand-chose, on ne voit rien. [...] C'est de dire surtout que cette énergie elle avait son sens, elle est économiquement rentable, elle a peu d'effets en termes d'émissions de gaz à effet de serre, elle s'intègre bien dans le paysage parce qu'on ne voit rien ou presque. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Ce travail de promotion consistait à vanter les intérêts de la technologie, notamment dans un contexte de décarbonation du mix énergétique. En effet, en 2005 est votée la loi POPE (loi de programmation et d'orientation de la politique énergétique), faisant

suite au protocole de Kyoto. Dans ce contexte, un coup de projecteur fut donné sur les énergies renouvelables, et où l'ADEME, avec le BRGM, poussa la géothermie :

« il fallait considérer le mix énergétique français comme il est considéré les filières. Et donner quand même un effort sur les énergies renouvelables thermiques. [...] On a commencé, on a embrayé avec le BRGM, en disant que la géothermie, c'est une solution, à côté de la biomasse, et au côté du solaire, pour le thermique. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Ce coup de projecteur s'est manifesté en 2007 avec la réhabilitation des centrales à Orly et à Sucy-en-Brie, en remplaçant des puits défectueux (ADEME, BRGM 2010). En 2009, à la suite des Grenelle de l'Environnement, il a été mis en place le Fonds chaleur renouvelable, une subvention de projets. Les fonds de SAF-Environnement, contre les risques court et long termes, sont remis en place :

« En 2008, [...] le Grenelle de l'environnement [...] a conduit à la création du Fonds chaleur renouvelable, pour aider notamment les filières énergies renouvelables thermique, biomasse, solaire thermique et géothermie. [...] À cette époque, j'ai réussi, avec le BRGM, à faire prendre en compte, dans le cadre du Fonds chaleur, la géothermie. [...]. Et [...] en 2009, ce dispositif Fond chaleur avait été autorisé par la Commission européenne. On a pu à partir de là relancer la géothermie profonde. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Ces différentes aides ont ainsi permis de sécuriser la mise en place de nouveaux projets de géothermie, en apportant une aide financière émanant des pouvoirs publics.

Cependant, en parallèle de ce développement « industriel » de la géothermie, qui était marqué par un développement à l'arrêt, la géothermie connaît un développement scientifique, à travers les expérimentations d'une géothermie électrogène EGS en Alsace, à Soultz :

« Il y a eu, en Alsace, dans la vallée rhénane, des projets, mais plus profonds ceux-là, qui visaient à rechercher de la haute température pour faire de l'électricité, donc c'était des projets qui étaient lancés fin des années 1980, donc à Soultz-sous-Forêts, et [...] étaient d'abord basé sur la technique de fracturation qui était abandonnée début des années 2000, et puis on s'est rendu compte qu'il y avait eu de l'eau à cinq kilomètres de profondeur, et donc on est parti plutôt sur la recherche de ces aquifères très profonds, qui sont les réservoirs en milieux faillés, et [...] on a un autre projet, qui a eu lieu, qui a été construit après le pilote scientifique de Soultz, c'est le projet de Rittershoffen, qui alimente l'usine Roquette par 5MW chaleur. » (TFR_AFPG, président de l'association de filière)

Ce développement de la géothermie, plutôt expérimentale, à Soultz, a permis d'expérimenter des techniques qui seront utilisées quelques décennies plus tard, mais également permis de connaître le sous-sol alsacien, afin de développer d'autres projets *a posteriori*.

« La place de la géothermie profonde est à la fois ancienne, puisque les premières, comme vous avez pu voir, les premiers permis, enfin les premières recherches et les premières activités ont commencé il y a presque maintenant quarante ans. Les premiers projets de Soultz et de Bouillante en Guadeloupe font les projets les plus anciens qui ont été portés par le BRGM, avec l'idée de faire de la géothermie haute température pour fabriquer de l'électricité. Et cette activité a pris de l'importance dans la politique publique, à partir du moment où il a été décidé qu'il fallait basculer, travailler sur la transition énergétique, là où c'est devenu un objectif beaucoup plus important. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologie)

Le développement de ce savoir-faire de la géothermie électrogène a permis de développer un certain nombre de techniques, qui seront utilisées dans la période suivante du développement de la géothermie.

2.1.4 2012-2019 : développement d'une géothermie électrogène

En mars 2013, la ministre de l'Écologie Delphine Batho souhaite relancer la filière de la géothermie profonde, en dehors du Bassin parisien :

« Ce qu'on voudrait, c'est aujourd'hui passer à la vitesse supérieure, et de voir si effectivement on peut déclencher des opérations ailleurs qu'en région parisienne, et d'après les opérateurs, il y a du potentiel, il y a des projets qui pourraient se réaliser. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

« On s'est rendu compte quand même qu'il y a des endroits autres que le Bassin parisien, où on pouvait faire quelque chose. [...] Il y avait eu un tarif qui est sorti [...] pour lancer des projets, développer de l'expertise, qui a fait des projets en géothermie profonde. Suite à cette sortie d'un nouveau tarif en 2012, puis augmenté en 2016, donc, il y a eu plusieurs permis de recherche qui a été déposée par plusieurs opérateurs [...] [et] a permis de lancer vraiment la filière. » (TFR_AFPG, président de l'association de filière)

L'enjeu était alors de développer une géothermie en dehors du bassin parisien. La ministre a donc signé de nouveaux permis exclusifs de recherche (Chaudes-Aigues-Coren en Cantal et Lozère à la société Electerre de France et un autre à Pau-Tarbes à la société

Fonroche), et avec une vingtaine de demandes en cours d'instruction en 2022. À cette époque, seulement deux centrales électrogènes étaient opérationnelles, Soultz (en Alsace) et Bouillante (en Guadeloupe). Les professionnels du secteur pointaient alors la pertinence de la technologie, mais arguaient la nécessité d'une co-génération chaleur/électricité, pour assurer une rentabilité. Dans un éditorial du magazine *Géosciences* (n°16, mars 2013), Delphine Batho déclarait « *donner une nouvelle impulsion à la filière géothermique* », en l'intégrant au débat national sur la transition énergétique. Ce dernier a eu lieu entre avril et juillet 2013⁴⁷. L'enjeu était alors de préparer la *loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte*, votée en 2015, et où il était prévu un développement de la géothermie dans les départements d'outre-mer. Pour soutenir la mise en place de la filière de géothermie électrogène, il a été mis en place un nouveau tarif de rachat de l'électricité.

« La géothermie a été considérée comme une solution permettant justement d'apporter sa partie d'énergie au dispositif, en remplacement des autres sources d'énergie qu'on souhaitait faire diminuer et, à terme, disparaître. Et donc on est dans cette phase de basculement. [...] Donc le sujet géothermie est revenu sur le devant de la scène, avec beaucoup de projets » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique).

La géothermie est perçue comme l'un des leviers possibles de la transition énergétique. Le 8 janvier 2015, le gouvernement publie un décret⁴⁸, simplifiant les procédures administratives dans l'exploitation de la géothermie. Cette simplification est complétée en 2019 par une refonte du Code minier – dans son volet géothermie –, permettant à l'industriel de choisir son régime – entre autorisation de recherches et permis exclusifs de recherche –, plutôt que de se fonder sur la distinction préexistante du seuil des 150 °C.

47 *Débat national sur la transition énergétique | Bienvenue sur le site du Débat national sur la transition énergétique* [en ligne]. 10 avril 2013. [Consulté le 7 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://web.archive.org/web/20130410064635/http://transition-energetique.gouv.fr/>

48 *Décret n° 2015-15 du 8 janvier 2015 modifiant le décret n° 78-498 du 28 mars 1978 modifié relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie, le décret n° 2006-649 du 2 juin 2006 modifié relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains, l'annexe de l'article R. 122-2 et l'article R. 414-27 du code de l'environnement - Légifrance* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 7 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000030073515>

De manière complémentaire, le régime d'exploitation dépend de la puissance électrique et plus du seuil thermique, simplifiant les procédures. Le développement de la technologie se matérialise également autour d'une structuration de la filière par l'ADEME en 2013. Cela se manifeste par la création par l'AFPG d'un cluster d'entreprise et d'un fonds de garantie, GEODEEP⁴⁹ (AFPG 2019). Ce fonds de cinquante-millions d'euros, réparti entre l'ADEME (vingt-cinq millions), la Caisse des dépôts (dix millions) et les opérateurs privés (quinze millions), indemnise en cas d'échec de forages ou d'exploitations les projets de géothermie électrogène. Le financement est fondé sur les *royalties* de la vente d'électricité produite une fois l'installation en place.

En 2016, est inaugurée la centrale de Rittershoffen en Alsace, pour alimenter en chaleur l'usine d'amidon de la société Roquette Frères. Cette centrale est portée par l'entreprise ÉCOGI (partenariat ÉS et Roquette Frères).

Ces différents projets marquent un relatif « retour » de la géothermie, à travers son institutionnalisation – avec des fonds de soutiens, mais aussi une évolution législative à son égard –, et avec des « succès » de la filière – notamment à travers la conversion industrielle de la centrale Soultz, ou l'inauguration de la centrale de Rittershoffen (uniquement thermique) – permettant une communication autour de cette dernière. D'autres projets de géothermie électrogène ont quant à eux, à cette période, en cours de développement : les projets de Fonroche à Pau et Vendenheim, ou d'Électricité de Strasbourg, Illkirch-Graffenstaden, ces deux derniers projets se trouvant dans l'agglomération strasbourgeoise.

2.1.5 Depuis 2019 : une géothermie tournée vers la chaleur et le lithium

Cependant, malgré ce relatif succès, l'État réoriente sa stratégie énergétique, en abandonnant en 2019 la géothermie électrogène :

⁴⁹ GEODEEP - *Geothermal Solutions* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 7 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.geodeep.fr/>

« Entre les deux PPE, il y a eu surtout un choix qui a été fait par le président de la République [...] c'est-à-dire qu'en métropole [...], ça a été en tout cas annulé carrément pour l'électricité. L'analyse qui a été faite, ou le verdict qui a été donné, c'était de dire que l'électricité produite avec de la géothermie, dans le contexte métropolitain, coûte trop cher. [...] Ça ne sera pas la préférence exprimée du gouvernement et du coup on supprime le soutien. C'est ce qui a été décidé de supprimer : le soutien à la géothermie électrogène, donc qui produit de l'électricité. En revanche, non, on ne peut pas dire que la géothermie soit... En tout cas les objectifs chaleur [...] Après, nous, services techniques de l'État, on a dit oui, ce n'est pas aussi simple que ça, [...], si on a un gîte qui est certes intéressant du point de vue géologique et donc géothermie, il n'est pas forcément proche des usages. Et autant l'électricité se transporte sur des kilomètres, pas de problèmes, autant la chaleur ça ne se transporte pas, ou mal. Et donc, du coup, ce n'est pas aussi simple de dire qu'on met l'accent, si on a un gîte géothermique, pas comme on va dire, qu'on va installer un panneau solaire thermique pour le coup, qui chaufferait à l'endroit où on utilise les calories, où on utilise la chaleur. Là, on est dépendant de la géologie. » (TFR_DGEC2, chef de projet au ministère de la Transition écologique)

La raison invoquée pour justifier cet abandon a été le coût excessif de la production d'électricité à partir de la géothermie. De ce fait, l'État arrête son tarif de rachat préférentiel de la géothermie, préférant se concentrer sur un usage chaleur. En mars 2019, à la suite d'une question posée par un sénateur⁵⁰, le ministère de l'Écologie justifie de la manière suivante l'abandon de cette aide :

« Cette transition doit se faire en privilégiant la maîtrise des coûts et reposer sur les filières les plus compétitives, faute de quoi les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de développement soutenable des énergies renouvelables ne pourront pas être atteints. Les installations de géothermie électrogène bénéficient actuellement en métropole d'un soutien sous forme de complément de rémunération dont le tarif de référence moyen est de 246 euros par Mégawattheure. Ce tarif est notablement plus élevé que pour la production d'électricité par éolienne ou photovoltaïque. Après de nombreux échanges avec ses acteurs, la réduction des coûts à venir de cette filière électrogène n'apparaît toujours pas suffisante pour pouvoir maintenir ce dispositif de soutien, compte tenu de la nécessité d'optimiser le coût global pour l'atteinte des objectifs de développement des énergies renouvelables. Cependant, l'État continuera à soutenir la filière de la géothermie profonde en réorientant son soutien vers la production de chaleur, dont les rendements sont bien meilleurs que pour la production d'électricité et qui répond mieux au besoin des territoires. S'agissant des projets de géothermie électrogène en cours, qui ont donné lieu à une demande, complète, de raccordement auprès d'Électricité de France (EDF), ils pourront être soutenus s'ils répondent aux critères d'éligibilité et dans la limite du montant et puissance électrique qui ont été notifiés à la Commission européenne. » (Ré-

⁵⁰ *Avenir de la géothermie profonde en France - Sénat* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 28 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.senat.fr/questions/base/2019/qSEQ190309402.html>.

ponse du ministère de la Transition écologique et solidaire, publiée dans le JO Sénat du 19/03/2020 – page 1391)

La réponse du ministère illustre de ce fait une réorientation des priorités, où la production d'électricité est peu compétitive face à d'autres sources d'approvisionnement. Cela se manifeste à travers l'évolution de la place de la géothermie au sein des différents plans de programmation de l'énergie. La programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2023 a pour objectif de faire passer la production thermique de 1,97 TWh en 2017 à 4,6-6,4 en 2023, avec un potentiel de chaleur maximal de 5,8 TWh⁵¹ (Ministère de la transition écologique et solidaire 2020, p. 75). Néanmoins, les objectifs sont revus à la baisse par rapport au plan précédent. Concernant le soutien de la production électrique, il est inexistant, alors qu'une majorité des investissements vont vers l'éolien terrestre et le solaire (Ministère de la transition écologique et solidaire 2020, p. 278). Les objectifs de la PPE visent néanmoins de passer d'une production de 1MW en 2016, à 24MW en 2023 (et une stagnation pour 2028). L'argument utilisé est, qu'au vu des faibles rendements de conversion de la chaleur vers l'électricité (10 %), la géothermie doit se concentrer sur la production de chaleur.

Cette réorientation est le fruit d'un retour d'expérience, où la géothermie électrogène paraît ne pas tenir les promesses qu'elle semblait faire au début des expérimentations :

« Il y a eu, à la suite de cette première phase, il y a eu une première phase de soutien des énergies renouvelables, depuis le début des années 2000, et là on est sur une première analyse, sur un premier retour d'expérience, de voir ce qui fonctionne le mieux, ce qui est le plus performant, qu'est-ce qui sont les mécanismes les plus pertinents. Et donc c'est tout l'objet justement des PPE, c'est de faire ce bilan, c'est de voir les évolutions qui sont réalisées par rapport aux prévisions, et ensuite en tirer des conclusions. Effectivement, il y a toujours un soutien au solaire, comme à l'éolien, qui sont maintenus, mais qui sont aussi ajustés, il y a eu

51 À titre de comparaison, la PPE vise en 2023 une production électrique de 9TWh pour les bioénergies, 9TWh pour les éoliennes de mer, 24 TWh en photovoltaïque, 52 TWh pour l'éolien terrestre, 62 TWh en hydroélectrique, et 393 TWh pour le nucléaire (Ministère de la transition écologique et solidaire 2020, p. 158). En matière de production de chaleur, la PPE vise un mix énergétique de 390 TWh issus des énergies fossiles, 99TWh venant de l'électricité, 145 TWh venant du bois, 39TWh venant des PAC (aérothermiques et géothermique de surface), 3TWh venant de la géothermie profonde, 2TWh venant du solaire thermique et 4,4 TWh venant des énergies de récupération (Ministère de la transition écologique et solidaire 2020, p. 154).

des renégociations aussi des projets de soutien, par exemple des projets et soutien des éoliens en mer. Il y a eu une renégociation des tarifs. Donc là de la même manière que pour la géothermie, il y a eu un bilan qui a été fait, donc ça c'est l'ADEME, les services de l'État, mais aussi les différents partenaires, puisque ça fait l'objet de nombreuses réunions, la préparation de la PPE qui a été publiée en début d'année. Et donc au cours de ces discussions, il en est ressorti qu'un certain nombre de solutions, de situations, n'étaient pas aussi pertinentes que ce qu'on a pu penser et donc il y a eu la volonté de se concentrer, de concentrer en tout cas les efforts pour la géothermie sur d'autres sujets, d'autres sur la fabrication de l'électricité avec un tarif d'achat très important. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

Ce retour d'expérience modifie les stratégies industrielles. Ainsi, les projets industriels se recentrent sur la chaleur, à travers des forages moins profonds, car nécessitant des températures moins élevées que pour la production électrogène :

« On va sans doute s'orienter vers des projets moins profonds, donc à moins haute température, de l'ordre de 2 000 mètres, ça veut dire pas des températures à 200° comme c'était visé pour faire de l'électricité, plutôt des températures de l'ordre de 100° à 150°. Donc le futur en géothermie profonde, ça sera plutôt ça. Ça sera des gammes de températures allant de 30 à 150°. [...] En France métropolitaine, et donc l'avenir sera quand même essentiellement la chaleur, la chaleur pour les réseaux encore qui restent à alimenter, parce qu'il y a quand même encore, on a estimé entre 50 et 60 réseaux de chaleur, qui sont situés dans des zones à potentiels, mais qui ne sont pas alimentés en géothermie, qui sont alimentés en énergies fossiles. Donc là, il y a tout un travail de recensement, de ces réseaux-là, et d'aller les chercher à les verdir, en les connectant à des centrales de géothermie. » (TFR_AFGP, président de l'association de filière)

« Il faut dire qu'il y a, en France métropolitaine, cent tarifs dédiés, enfin cent compléments de rémunérations, qui est une façon de dire qu'on va payer plus cher l'électricité issue de la géothermie que le marché libre. Il y avait plus de perspective, en tout cas momentanément, en tout cas tant que le complément de rémunération est abrogé, il y a plus de visibilité pour la filière électrogène de toute façon, même avant l'épisode de Strasbourg. Alors les opérations qui étaient en cours pouvaient se faire, puisqu'ils avaient souscrit... en fait il y avait l'antériorité du fait qu'ils avaient souscrit à ce pré-contrat de complément de rémunération, qu'ils en auraient bénéficié s'il y a une mise en service, s'il y a une mise en service. Mais comme il va être abrogé, le problème, ça donne un coup d'arrêt à la visibilité de la filière électrogène. » (TFR_DGEC2, chef de projet au ministère de la Transition écologique)

Cette réorientation modifie les stratégies industrielles. Cela ne signe donc pas le glas de la géothermie, du fait de la présence d'un « marché » de réseau de chaleur, seulement une remise en cause de la filière de la géothermie électrogène, où la rentabilité

n'est plus forcément assurée. De plus, l'abandon de la géothermie électrogène en 2019 coïncide également avec la découverte, en décembre 2019, de lithium dans les fluides géothermaux alsaciens, qui suscite une certaine promesse dans le développement de la géothermie, permettant une rentabilité en dehors de son usage chaleur :

« Les nouveaux auront cette vertu de pousser les gros qui seront en place et qui pensaient que bon, ils étaient les seuls dans la partie. ÉS n'abandonne pas tout à fait parce qu'il y a des nouveaux. Clairement, le fait qu'Arverne a déposé un permis sur le territoire d'ÉS en Alsace, ça envisage eux quand même bien. C'est parce qu'ils avaient diffusé un peu l'information à tout le territoire, donc la géothermie, il y a plus d'avenir parce qu'il y a plus de tarifs, et donc là, ça bouleverse un peu les données, parce que les nouveaux acteurs, eux, sont intéressés par la chaleur, par des projets pas très profonds et par le lithium, et tout ce qui est autour. [...] Donc la venue de nouveaux acteurs les fait quand même se reposer les questions, c'est pour ça que je n'exclus pas qu'Électricité de Strasbourg se relance un petit peu dans la partie, ce qui serait une très bonne chose. » (TFR_AFPG, président de l'association de filière)

L'arrêt du tarif de rachat de l'électricité modifie de ce fait les jeux d'acteurs, en faisant émerger de nouveaux acteurs industriels, se concentrant plus sur un usage chaleur et une production de lithium. Ce mouvement est accentué également par l'arrêt du projet de Vendenheim, porté par Fonroche, à la suite d'une série de séismes induits, entachant l'image de la géothermie. Nous reviendrons sur cet évènement et sur ses conséquences dans les chapitres suivants.

Analyse de presse

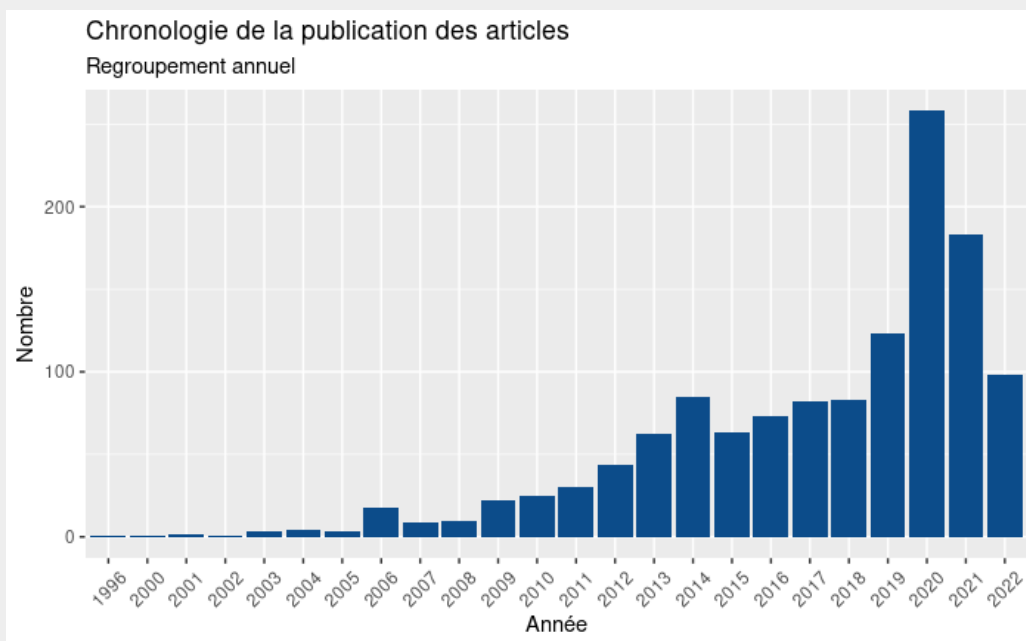
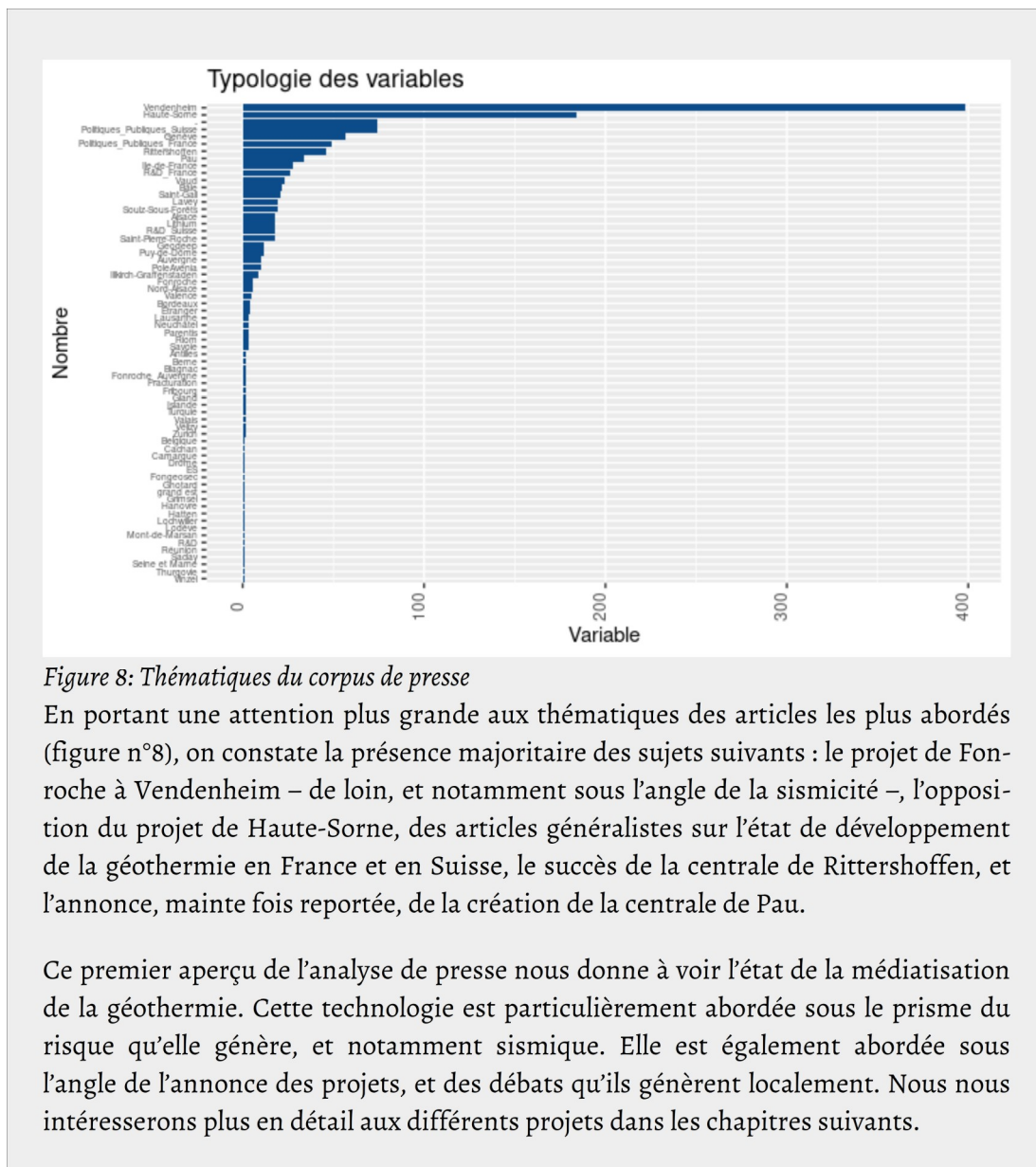


Figure 7: Publicisation de la géothermie profonde

Une analyse de presse permet de mieux comprendre la médiatisation de ces trajectoires sociotechniques. Une étude de la presse franco-suisse permet de mieux appréhender cette question. En se fondant sur un corpus de 1 285 entrées, avec des articles de presse allant de 1995 à 2022, on peut tirer quelques éléments de la médiatisation de la géothermie profonde.

Une analyse de la fréquence par année (schéma n°7) nous montre les « pics de médiatisation ». On observe une augmentation croissante de la médiatisation de cette technologie. Un premier pic, en 2006, correspond au séisme et à l'abandon du projet de Bâle. 2014 correspond à la création du fonds Geodeep, le lancement du projet de Haute-Sorne, l'abandon du projet de Saint-Gall, et à l'ouverture de la chaire industrielle de géothermie à l'université de Strasbourg. 2019 correspond aux premiers séismes à Strasbourg, ainsi que la découverte de lithium dans les fluides géothermaux. 2020 et 2021 sont particulièrement marqués par les séismes de Strasbourg, avec une majorité d'articles à ce sujet.



**

Il ressort de cette histoire que le déploiement de la géothermie a été rendu possible grâce à des causes conjoncturelles, et notamment dans le choix de la structuration énergétique en alternative au pétrole. Il y a alors un enjeu économique, où une énergie bon marché face à l’augmentation du prix du pétrole, nécessaire au chauffage urbain, est recherchée. Après une période de reflux dans les années 1990, du fait du contre-choc pétrolier et d’une moindre compétitivité économique face à cette énergie, la géothermie connaît un retour dans les années 2010, poussée par une politique de décarbo-

nation. Il y avait alors une volonté politique de soutenir la géothermie électrogène. Néanmoins, en 2019, la géothermie électrogène fut abandonnée, du fait d'une rentabilité moindre face à d'autres formes de production électrique. La découverte de lithium marque néanmoins un intérêt dans la rentabilisation de cette géothermie chaleur. Nous intéresserons plus en détail à ces différents modèles économiques dans les chapitres suivants.

2.2. La géothermie profonde en Suisse : sortir du nucléaire post-accident de Fukushima

Le développement de la géothermie profonde en Suisse est relativement récent. À la suite de l'accident du 11 mars 2011 à Fukushima, le Conseil fédéral propose une nouvelle politique énergétique, la *Stratégie Énergétique 2050*, votée en 2017. L'objectif est de proposer un mix énergétique décarboné et dénucléarisé – voir le chapitre 1. Parmi ce mix énergétique, il est notamment prévu un programme de déploiement de géothermie profonde. Si la géothermie de surface est particulièrement bien implantée en Suisse – représentant jusqu'à 15 % du chauffage issu de pompes à chaleurs géothermiques (Office fédéral de l'énergie 2017, p. 28) –, il n'existe pas de centrale géothermique à grande profondeur, permettant une co-génération de chaleur et d'électricité. Néanmoins, ce type de centrale est particulièrement intéressant pour le pays, car il pourrait lui fournir jusqu'à 7 % de son approvisionnement en électricité (Office fédéral de l'énergie 2017, p. 32).

Les spécificités de subsidiarité de la Confédération helvétique font que le développement de la géothermie suit une double tendance : si la Confédération a un rôle d'impulsion de projets pilotes, à travers notamment le financement de subventions et de prêts remboursables, l'implémentation de la législation se fait à l'échelle locale. À titre d'exemple, la loi sur l'énergie propose, dans son article 33, une contribution ou une garantie à la recherche de ressources géothermiques à destination de production élec-

trique jusqu'à 60 % des coûts d'investissements. L'ordonnance sur la production des énergies renouvelables (2018), quant à elle, fixe un taux de rétribution de la production électrique, permettant un rachat à un prix préférentiel de l'électricité. À l'échelle locale, il existe des implémentations différentes de la législation concernant de la géothermie. À titre d'exemple, dans le canton de Vaud, la géothermie est régulée par la *loi cantonale sur les ressources naturelles du sous-sol*, entrée en vigueur en 2018, définissant la réglementation pour les concessions et l'exploitation, ainsi que les modes de calculs pour la redevance. Dans le canton du Jura, il a été mis en place un « plan spécial cantonal » *ad hoc* au projet de Haute-Sorne, sans qu'il existe une régulation spécifique à la géothermie.

On compte un certain nombre de projets de géothermie – passé ou présent – en Suisse, comme en témoigne la carte suivante (carte n°9).

Contexte géologique en Suisse

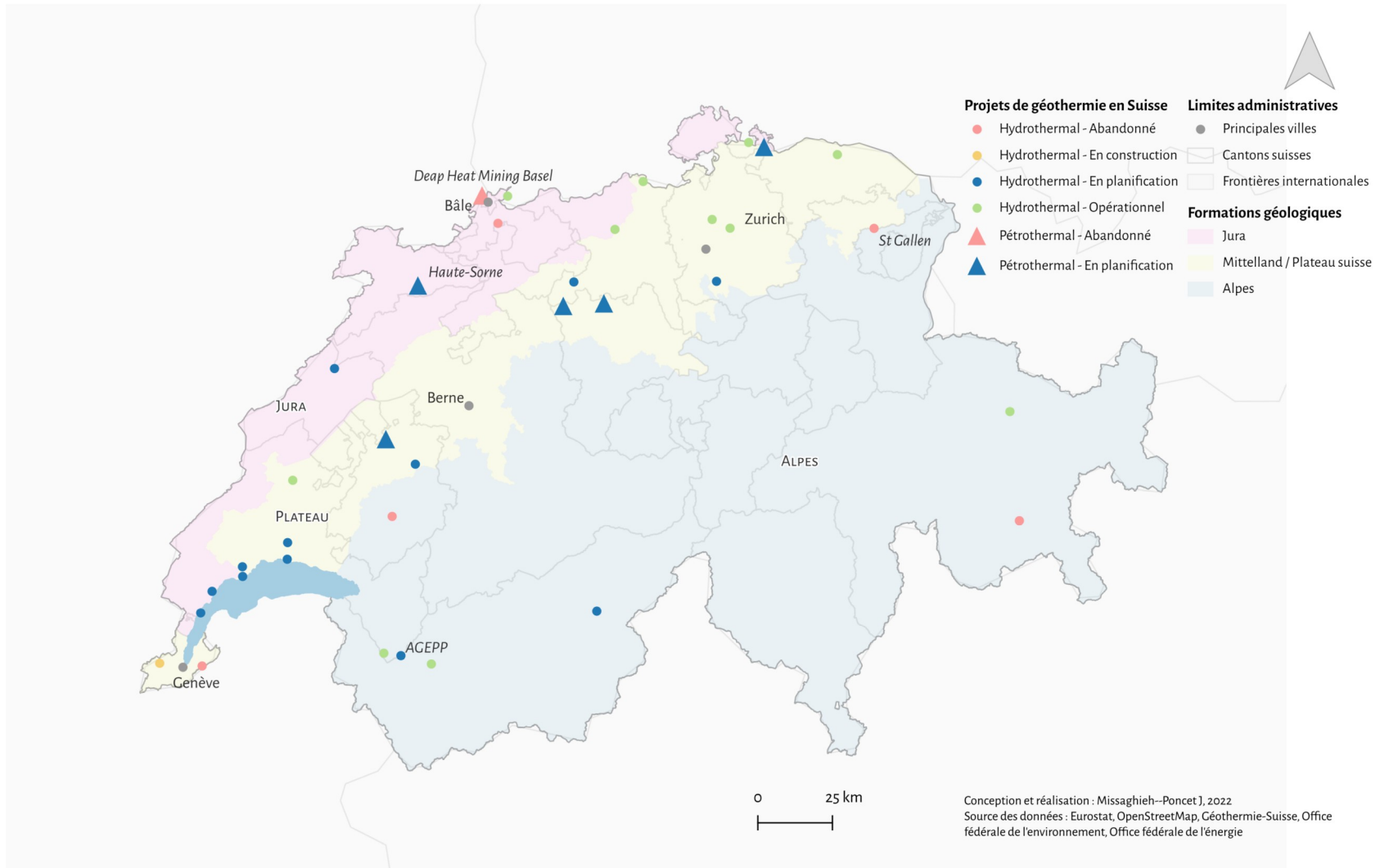


Figure 9: Projets de géothermie en Suisse

La plupart des projets de géothermie se développent au sein du massif du Jura – citons notamment le projet de Bâle ou celui de Haute-Sorne, que nous allons développer par la suite –, et au sein du « Plateau Suisse » une région géologique collinaire regroupant les principales villes du pays. Sur les différents projets, il peut être intéressant d'en présenter les principales en Suisse romande : le développement de la géothermie à Genève, le projet Energieô (sur les rives du Lac Léman), le projet AGEPP à Lavey-les-Bains, et le projet de Haute-Sorne, dont nous allons développer plus en détail au sein de cette thèse, mais aussi les projets précurseurs de Bâle et Saint-Gall, qui, par leurs échecs, ont marqué l'imaginaire helvète.

Historiquement, la géothermie helvète a été marquée par deux projets abandonnés. Le projet de Bâle⁵² – *Deep Heat mining Basel* – était un projet débuté en 2006 qui consistait en un forage à 5 000 mètres de profondeur – en utilisant la technologie EGS, appelé pétrothermale en Suisse, en opposition à la géothermie hydrothermale pour désigner une géothermie conventionnelle –, pour produire de l'électricité (6 MW). Néanmoins, les forages ont déclenché un séisme de magnitude 3,4, conduisant à un arrêt du projet. Le projet de Saint-Gall⁵³, débuté en 2013, consistait à un forage à 4 000 mètres de profondeur, en utilisant des méthodes de la géothermie conventionnelle. Néanmoins, les forages ont déclenché une série de séismes, dont un de magnitude 3,5, due à une fuite de gaz et d'eau. Ces différents précédents ont marqué l'imaginaire suisse, sans pour autant engendrer un rejet massif de la technologie (Blumer et al. 2018; Hirschberg, Wiermer, Burgherr 2015; Ejderyan, Ruef, Stauffacher 2020; 2019).

52 SED | *Geothermal Energy Basel* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 6 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <http://www.seismo.ethz.ch/en/earthquakes/monitoring/special-networks/basel/>

53 SED | *Geothermal Energy St. Gallen* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 6 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <http://www.seismo.ethz.ch/en/earthquakes/monitoring/special-networks/st.gallen-network/>

Le développement de la géothermie à Genève se fonde autour du projet GEothermies⁵⁴. Ce projet, initié par les Services industriels de Genève (SIG) et les services cantonaux, a vocation d'évaluer le potentiel géothermique de Genève. Un premier rapport, publié en 2011, a montré qu'il était possible d'installer différentes technologies géothermales, allant de la géothermie de surface à la géothermie profonde. À l'heure où nous écrivons cette thèse (2022), le projet est en phase exploratoire, avec notamment la mise en place de forages exploratoires, et la prospection du sous-sol à Genève et dans les communes du canton. Il y a une volonté de faire une géothermie conventionnelle (hydrothermale) pour un usage de chaleur (réseau de chaleur urbain, vocation agricole et industrielle), voire électrique.

Energieô-La Côte⁵⁵, dans le canton de Vaud, est un projet regroupant les Services industriels de Nyon, la Société Électrique Intercommunale de La Côte et la Société Électrique des Forces de l'Aubonne ; l'enjeu est de développer une géothermie profonde, sur aquifère (et donc conventionnelle), sur la rive nord du Lac Léman, à des fins de production de chaleur et d'électricité. Quatre sites sont ainsi identifiés – Aubonne, Etoy, Gland/Vinzel et Nyon. Le projet de Vinzel est le plus avancé, avec la constitution d'un dossier et d'une enquête publique en 2018.

Le projet de l'AGEPP⁵⁶ – *Alpine Geothermal Power production* –, à Lavey-Les-Bains, dans le canton de Vaud, est un projet de géothermie électrogène et thermique – notamment pour alimenter une station thermale à proximité –, utilisant une approche conventionnelle. Il est porté par plusieurs entreprises énergéticiennes (Siren, HoldiGaz, Eos Holding, Romande Énergie, Celsa SA), ainsi que par les communes de Lavey et de Saint-

54 Géothermies. Dans: *GEothermies* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 7 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.geothermies.ch/>

55 *EnergieÔ – La Côte | L'énergie verte de notre région* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 7 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.energeo.ch/>

56 AGEPP. Dans: *AGEPP* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 7 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.agepp.ch>

Maurice. L'objectif est d'extraire une eau à 110 °C en forant à 2 300 mètres de profondeur, pour produire 4,2 GWh d'électricité et 15 GWh d'énergie thermique.

Le projet GeoÉnergie Haute-Sorne⁵⁷, dans le canton du Jura, est le projet de géothermie le plus controversé de ce panorama – et fera une étude plus approfondie dans les chapitres suivants de cette thèse. Ce dernier se fonde sur la technologie EGS – ou pétrothermale selon la terminologie suisse. Ce projet, ancien, remonte à 2012, vise une cogénération électricité et chaleur, à travers deux forages de cinq kilomètres de profondeur. Le porteur de projet souhaite faire du projet de Haute-Sorne un pilote, qui, en cas de succès, permettrait de généraliser au reste du pays, notamment dans les cantons de Thurgovie, Lucerne et Avenches. Néanmoins, ce projet suscite une controverse localement.

Ces développements de la géothermie sont assez récents en Suisse. En effet, l'un des principaux freins identifiés est l'absence de connaissance du sous-sol :

« On n'a pas beaucoup de connaissances du sous-sol, par manque d'histoire avec *l'oil and gas*, on a tout bêtement pas beaucoup de connaissances sur le sous-sol profond [...] on a beaucoup de demandes de subventions pour cette phase de prospection. [...] C'est en cours, on a des campagnes sismiques et autres qui sont justement à Bâle-Campagne pour améliorer la connaissance du sous-sol pour aller forer un deuxième doublet. Ce qui se passe à Genève, c'est que c'est ça aussi, de reconnaître un tout petit peu les structures géologiques qui pourraient avoir un intérêt pour le développement de la géothermie et on attend vraiment cette phase de collecte de données et puis on espère que l'analyse des données va permettre d'aller d'identifier un ou plusieurs types de forages. [...] On est dans cette phase de prospection et on espère que d'ici un an ou deux, on va avoir plus de forages, c'est pour ça que ce n'est pas un projet en particulier, parce qu'on pense toujours à un endroit pour un forage, mais là c'est vraiment des zones de reconnaissances du sous-sol, par les projets de prospections » (Suisse_OFEN, spécialiste énergies renouvelables à l'office fédéral de l'énergie)

« Il y a d'autres barrières qui sont un peu plus, on va dire, procédurales. Vu qu'on n'a pas d'histoire avec le pétrole en Suisse, nos réglementations ne sont pas adaptées au développement de la géothermie. Il faut savoir qu'en Suisse, le sous-sol relève de la souveraineté des cantons, pas de la Confédération. Chaque canton, qui doit avoir, enfin, devrait avoir une loi sur l'utilisation du sous-sol. Comment faire et

57 GEO ENERGIE SUISSE – Centre de compétences suisse pour la géothermie profonde. Dans: *FR Geo-Energie Suisse SA* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 7 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://fr.geo-energie.ch/>

puis avec toutes les procédures qui en découlent au niveau des procédures de permis, de concessions, du rôle de haute surveillance des cantons dans l'acheminement des projets de géothermie, etc., donc ce n'est pas le cas. Donc un projet qui veut se développer en Suisse doit faire face à une lourdeur administrative assez impressionnante » (Suisse_OFEN, spécialiste énergies renouvelables à l'office fédéral de l'énergie)

Le fait que la Suisse n'a pas eu un passé avec la filière des hydrocarbures a conduit à une moindre exploration du sous-sol, et donc à une cartographie de ce dernier. La Suisse doit ainsi compenser ce déficit de connaissances à travers des campagnes d'acquisitions de données, afin d'identifier les sites propices à l'implantation de ce type de projets. De même, l'absence de cet historique nécessite de créer une régulation du sous-sol *ad hoc*, engendrant des difficultés administratives dans l'implantation des projets.



La Suisse a ainsi une histoire récente. Si des expériences précurseuses en géothermie ont été expérimentées en 2008 (Bâle) et 2013 (Saint-Gall) et se sont conclues par des échecs, la nouvelle politique énergétique, lancée en 2017, relance l'intérêt pour la géothermie. Néanmoins, l'absence d'une activité historique du sous-sol impose une phase de prospection préalable au développement de la géothermie.



La France et la Suisse connaissent ainsi deux trajectoires différentes de la géothermie, comme en témoigne le schéma récapitulatif suivant (figure n°10).

La France connaît un développement historique de la géothermie. Cette technologie s'est développée dans les années 1970 – pour alimenter les réseaux de chaleur urbains, en réaction au choc pétrolier –, notamment au sein du Bassin parisien. Cela a été rendu possible grâce à la prospection pétrolière des décennies précédentes, qui a permis d'identifier un certain nombre de sites disposant de ressources abondantes. Si, pour des raisons de compétitivité du coût de l'énergie, la géothermie est tombée en désué-

tude dans les années 1990 et 2000, elle connaît un retour dans les années 2010, à la suite de la climatisation des politiques énergétiques. Si les années 2010 se concentraient essentiellement sur une géothermie électrogène, 2019 marque un tournant, avec l'arrêt du soutien du tarif de rachat préférentiel de l'électricité, mais aussi la découverte de lithium dans les fluides, réorientant les stratégies industrielles vers une géothermie de chaleur, moins profonde, et une extraction de lithium.

La Suisse, quant à elle, connaît une tout autre trajectoire. Si elle a connu des projets pilotes, notamment Bâle (2006) et Saint-Gall (2013), ils furent stoppés du fait de séismes induits. Le développement de la géothermie reprend néanmoins à la suite d'une nouvelle politique énergétique, cherchant à dénucléariser la production électrique, mais aussi à entamer une transition vers des énergies renouvelables. Cependant, contrairement à la France, la Suisse n'a pas connu une trajectoire sociotechnique avec une industrie du sous-sol, obligeant ainsi à faire des campagnes de prospection, afin de mieux connaître son sous-sol et déployer la géothermie.

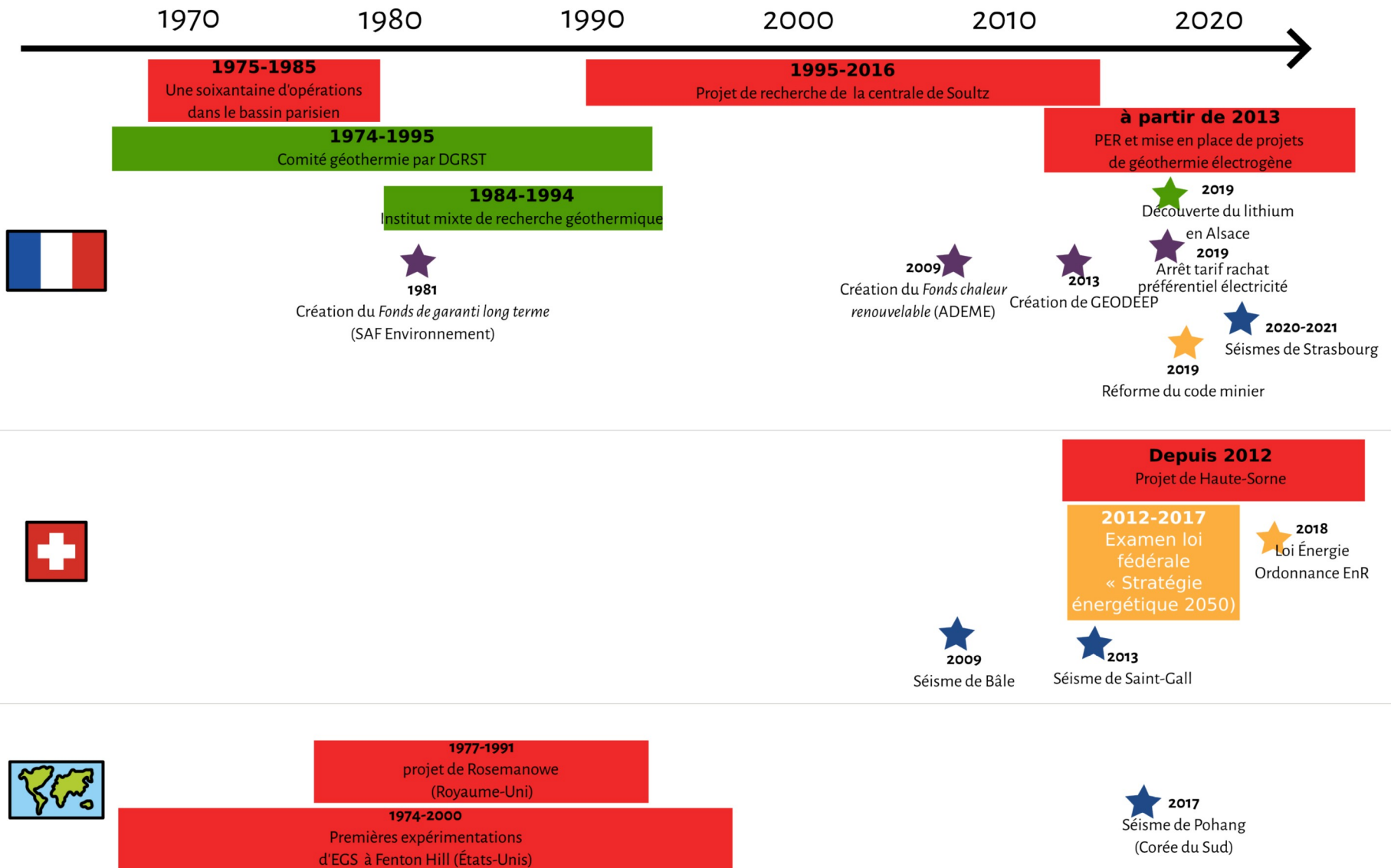


Figure 10: Frise chronologique des projets de géothermie

3. Les systèmes d'acteurs autour de la géothermie

La filière de la géothermie permet le développement de nombreux acteurs. Certains acteurs, étatiques, jouent de directives dans les choix de transition énergétique et d'animation des filières, afin d'encourager le développement d'une technologie ou d'une autre. Les acteurs privés se regroupent au sein d'associations, permettant des échanges de pratiques et de porte-parolat. Néanmoins, les différents acteurs ont des poids différents, certains en ayant plus que d'autres dans les inflexions de la trajectoire sociotechnique.

3.1. Le système d'acteurs en France

La filière de la géothermie profonde regroupe un certain nombre d'acteurs, intervenant de près ou de loin. Nous retrouvons des acteurs institutionnels, comme la DGEC, un organisme du ministère de l'Écologie, et jouant un rôle d'élaboration des politiques publiques, ou l'ADEME, jouant le rôle d'expertise technique. Nous retrouvons également des acteurs industriels, avec notamment l'AFPG qui représente la filière, le Pôle Avenia qui joue le rôle d'animation de réseaux, ou des industriels porteurs de projets. Finalement, nous retrouvons également des académiques, des laboratoires publics, jouant un rôle d'expertise ou travaillant en collaboration avec le privé.

À l'échelle nationale, nous retrouvons la Direction générale de l'énergie et du climat, une direction historique du ministère de l'Industrie, puis du ministère de l'Écologie. Sa mission est notamment d'élaborer la politique énergétique. Une de ses composantes, la direction de l'énergie, joue un rôle d'approvisionnement en énergie :

« La direction générale de l'énergie et du climat dans laquelle je me trouve est une direction qui, historiquement se trouvait au ministère de l'Industrie sous la forme de la direction générale de l'énergie et des matières premières. Et puis qui est passé dans le grand ministère du Développement durable sous l'intitulé direction générale de l'énergie et du climat, compte tenu de l'impact du sujet énergétique sur les enjeux climatiques en 2007-2008 à peu près. Et dans cette direction, les services d'administrations centrales se sont toujours occupés d'énergie, à savoir au sens de suivi des acteurs énergétiques. Que ce soit de l'électricité [...]

ceux qui s'occupaient du pétrole et du gaz, donc qu'ils fournissent de l'énergie entre autres et des matières premières, et puis comme dirais-je, au moment de la création de la direction générale de l'énergie et du climat est venu se rajouter la fabrication d'énergie d'origine éolienne, photovoltaïque, géothermique existait déjà. C'est une direction générale qui est chargée à la fois du suivi de ces entreprises qui fabriquent de l'énergie, mais qui est aussi chargée de s'assurer qu'à tout moment sur le territoire l'ensemble des Français disposent de l'énergie qu'ils ont besoin pour s'éclairer, pour se chauffer ou se transporter. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

La géothermie s'inscrit au sein de cette logique de diversification d'approvisionnement énergétique sur laquelle veille la DGEC. Concernant la géothermie, une des composantes de la DGEC, le Bureau des ressources énergétiques du sous-sol – BRESS – joue un rôle de régulation du sous-sol :

« Vous avez [...] un suivi fait par le BRESS donc par le bureau des ressources énergétiques du sous-sol, qui est du bon déroulement de cette activité dans [...] l'objectif de la PPE et de son développement, donc le développement de la filière, le suivi de cette filière, et son bon déroulement si vous voulez. Donc le BRESS s'assure à la fois un rôle régalién, le rôle régalién pour le compte du ministre qui a octroyé du domaine minier, mais aussi pour s'assurer que la filière se développe correctement et conformément aux orientations qui sont fixées par la PPE, qui est celle du parlement en fait. Donc il y a évidemment, là l'État, il est très très friand, parce qu'il est sur une filière qui est à la fois malgré tout historique, parce qu'il a permis d'accumuler énormément de connaissances et de compétences sur un certain nombre de sujets précis dans le domaine de la géothermie, mais qui est en train de se déployer, de manière très importante, et qui pourrait se déployer sur le territoire de manière plus importante si tant est si l'ensemble des dispositifs, je dirais s'enchaîne bien, et donc pour le moment l'État est très très présent à différents niveaux. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

Cet acteur remplit ainsi les prérogatives régaliennes de la surveillance de l'utilisation du domaine minier, en conformité avec la politique énergétique. Cela se manifeste notamment à travers un travail de constitution d'une base de connaissances du sous-sol, une « banque de connaissances », issues de l'exploration du sous-sol. Cette banque de connaissances est mutualisée par les différents acteurs du sous-sol, permettant une baisse des coûts – onéreux – d'exploration, permettant ainsi de faciliter le déploiement de la technologie, et ainsi permettre la DGEC d'assurer sa mission.

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières – BRGM – joue quant à lui un rôle d'expertise technique. Ainsi, il est régulièrement convoqué afin de réaliser des tierces expertises sur des projets. Il joue aussi, avec l'ADEME, un rôle de promotion de la technologie, comme pouvait témoigner le centre de recherche commun développé dans les années 1980, ou à travers la mise en place d'un site web de promotion de la géothermie⁵⁸. Il joua également un rôle clé dans le développement de la géothermie, notamment à travers sa filiale la Compagnie française de géothermie (CFG), une entreprise d'ingénierie et de services. Le BRGM s'est également illustré en participant au programme de recherche de Soultz.

Un autre acteur historique est l'ADEME, qui joue un rôle de financeur de projets et d'animation de la filière :

« C'est une agence d'objectifs, qui a pour but à la fois d'aider à définir la stratégie, en matière de développement des énergies renouvelables, en matière d'économie d'énergie dans les transports, dans les bâtiments, en matière d'élimination et de récupération de valorisation des déchets, en matière de lutte contre la pollution atmosphérique, de l'air, et il y avait une autre mission qui concernait le bruit [...] On est présent à la fois au niveau central [...] le rôle des gens qui sont au service central, c'est de définir la stratégie, définir les outils pour mettre à bien ces stratégies, ça peut être de la formation, des programmes de recherche que l'on souhaite voir traités, ça peut être des aides aux investissements, quels outils on va mettre en place pour permettre par exemple à un opérateur qui souhaite monter une opération de centrale géothermique [...], comment on peut aider cet opérateur au travers de subventions, en investissements ou au travers de nos études. Définir un peu tout ça. On travaille aussi à l'international, je travaille par exemple sur des projets à l'international sur la zone caraïbe, pour le développement de la géothermie, avec les états de la Caraïbe notamment, pour essayer d'échanger avec eux, notamment sur les possibilités de développer, sur cette zone-là des projets de géothermie, en faisant, si possible, appel aux compétences françaises. Et puis, on travaille avec des projets comme GÉFISS, par exemple. On ne travaille pas vraiment parce que nous on est des financements de ce projet, mais on est au comité de pilotage, par exemple. Donc on donne notre avis sur le contenu du projet qui a été présenté, et puis sur son avancement. Et au niveau régional, nos collègues sont plutôt chargés de mettre en musique, sur le terrain, cette politique nationale qui est définie au niveau des services centraux. [...]

On gère par exemple le Fonds chaleur pour la production des énergies renouvelables thermiques, comme la géothermie, comme la biomasse, le solaire ther-

58 *Géothermies | le site d'information sur les géothermies de l'ADEME et du BRGM* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 9 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.geothermies.fr/>

mique. Donc c'est l'ADEME qui gère ces fonds. [...] Donc l'ADEME, dans le cadre du grand emprunt qui est ensuite devenu investissement d'avenir, a bien géré des budgets qui sont de l'ordre du milliard d'euros quand même, pour mener à bien aussi les projets dans le domaine de l'innovation. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

L'ADEME joue plusieurs rôles. Le premier consiste à définir une stratégie de « transition écologique », en mettant en place différents outils pour y parvenir, qu'ils soient informationnels – à travers la formation –, économiques – à travers la mise en place d'investissements et de subventions –, ou de recherche, – en finançant des projets de recherche. Concernant la géothermie, elle subventionne les projets notamment à travers le Fonds chaleur. L'ADEME avait également mis en place une « feuille de route stratégique » de la géothermie, en 2011, qui a servi notamment à réaliser un appel à manifestation pour la géothermie, dans le cadre des financements d'investissements d'avenir (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME).

L'Association française des professionnels de la géothermie (AFPG) regroupe les différentes entreprises de géothermie, tant de surface que profonde, et forme un syndicat représentant la filière. Créée par l'ADEME en 2011, elle est l'interlocutrice envers les pouvoirs publics, joue un rôle de promotion de la technologie en organisant des événements, et est également un groupe de pression, afin de permettre des évolutions législatives et réglementaires en faveur de la géothermie. Au-delà de ces enjeux de porte-parole de la filière, elle joue un rôle de mise en réseau des différents acteurs de la géothermie, permettant d'échanger des retours d'expériences.

Un autre acteur est le Pôle Avenia⁵⁹, qui est un pôle de compétitivité et dont l'objectif est de mettre en réseau des acteurs industriels et académiques autour de la question du sous-sol. L'enjeu de ce type de structures est de créer un dynamisme entre ses membres, avec pour objectif de mettre en place des échanges entre différentes structures, en incitant à développer une recherche et développement autour des théma-

59 POLE AVENIA - Pôle de compétitivité des industries du sous-sol en Nouvelle-Aquitaine [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 27 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.pole-avenia.com/fr>

tiques qu'elle porte. Le Pôle Avenia se concentre sur le développement de différentes filières, comme le pétrole et gaz – héritage de l'industrie pétrogazière développée dans le bassin de Lacq –, la géothermie, le stockage géologique, les mines et carrières, l'hydrogéologie et la géotechnique. La mise en réseau se manifeste à travers la participation d'« associations métiers » – comme l'AFPG pour la géothermie –, l'accompagnement d'entreprises – avec un technopôle par exemple –, l'aide à la recherche et développement – à travers la participation de sociétés de transferts technologiques ou des Instituts Carnot. Cette mise en réseau se manifeste également par l'organisation d'évènements, et la mise en place d'un annuaire en ligne.

La géothermie profonde est également marquée par la présence de nombreux acteurs industriels. Ainsi, Électricité de Strasbourg est gestionnaire de la centrale de Soultz et est co-gestionnaire de la centrale de Rittershoffen. En 2013, lors du développement de la géothermie électrogène, de nouveaux énergéticiens ont déposé des permis exclusifs de recherche, tels que Electerre – disparu depuis –, ou Fonroche Geothermie, qui a déposé huit permis entre 2013 et 2016. À partir de 2017, de nouveaux acteurs arrivent, notamment TLS Geothermics et Lithium de France. De ce fait, l'histoire de la géothermie est marquée par des acteurs industriels historiques, des *insiders*, comme CFG ou Électricité de Strasbourg, puis l'arrivée d'*outsiders* successifs, tels que Fonroche ou Electerre, puis TLS Geothermics ou Lithium de France (anciennement Arverne Géothermie).

Dans le domaine du minier, il existe une division entre des sociétés minières juniors – qui ont un rôle de prospection – et les compagnies majors – qui rachètent aux premières les permis en vue de leur exploitation (Laurent, Merlin 2019). Si dans le domaine de la géothermie, la situation n'est pas identique, il peut être intéressant d'en tirer un parallèle. Certaines entreprises sont des bureaux d'études et de suivi de projets, telles que la CFG et TLS Geothermics dont le cœur de métier est la géothermie. D'autres entreprises, comme Électricité de Strasbourg Géothermie, filiale d'Électricité

de Strasbourg, filiale d'EDF, ont un rôle de « gestionnaire technique » pour le compte de clients possédant les centrales. D'autres acteurs industriels, tels que Storengy, filiale d'Engie dans le domaine de la géothermie et du stockage souterrain, jouent un rôle de maîtrise d'œuvre dans la mise en place de projets, en collaboration avec d'autres entreprises – comme TLS Geothermics dans le cas d'un projet en Auvergne. Si ces exemples ne permettent pas de tirer un parallèle avec les juniors, d'autres exemples, avec des entreprises plus jeunes, peuvent nous faire penser à ce schéma. Par exemple, Fonroche procède par portefeuilles, en multipliant les projets d'exploration pour gérer le risque – cela se manifeste par les nombreux PER déposés – tant pour la géothermie que le lithium, en Alsace, dans le Massif central, la vallée du Rhône ou le Bassin aquitain –, mais aussi par la multiplication de filiales : Fonroche Géothermie est une filiale de Fonroche – depuis revendue – qui s'est lancé dans la fabrication de panneaux solaires ou dans la méthanisation. D'autres entreprises, qui ne sont pas des énergéticiens, mais qui sont issues de la filière du sous-sol ont la même stratégie : ainsi, Arverne Géothermie/Lithium de France, possédant plusieurs PER en Alsace, est une filiale d'Arverne Group, qui possède notamment l'entreprise de forage Arverne Drilling.

De manière indirecte, on retrouve des acteurs académiques autour de la géothermie. Cela peut se manifester à travers des projets de recherche impliquant industriels et chercheurs, ou lorsqu'il est nécessaire d'avoir une expertise lors d'une controverse technique, à l'instar de la controverse des séismes de Strasbourg, qui a impliqué un rapport de chercheurs, notamment affiliés à l'EOST.

La géothermie profonde fait intervenir une pluralité d'acteurs à l'échelle nationale. Si les grandes politiques énergétiques sont votées par le parlement, la mise en place de cette stratégie est déclinée par des services étatiques (DGEC, BRESS) ou les agences (ADEME). La mise en place des projets de géothermie est réalisée par des industriels, qui s'organisent en réseau (AFPG, Pôle Avenia). Afin de lever des éléments bloquants techniques, ou répondre à une controverse technique, des acteurs académiques

peuvent intervenir. Néanmoins, à l'échelle nationale, il n'existe pas d'acteur au sein de la sphère sociale.

Sphère politique	Sphère sociale	Sphère administrative	Sphère économique	Sphère académique
Parlement (définition de la PPE)		DGEC, BRESS ADEME	AFPG, Pôle Avenia Industriels (CFG, ÉS, Fonroche, TLS Geothermics...)	Laboratoires de recherche, EOST, BRGM, etc.

3.2. Le système d'acteurs en Suisse

Comme nous avons pu l'exposer précédemment, la Suisse est un pays fédéral, induisant une pluralité d'acteurs à différentes échelles.

À l'échelle fédérale, la question de l'énergie est sous la responsabilité de l'office fédéral de l'énergie (ou OFEN). Cet organisme⁶⁰ est responsable de l'approvisionnement énergétique, s'occupe des normes de sécurité et des règles du marché de l'énergie, et a un rôle de promotion des énergies renouvelables et/ou de réduction de CO₂. Elle met en place la politique énergétique votée par l'Assemblée nationale – composée du Conseil national représentant les citoyens et le Conseil des États représentant les cantons et formant le pouvoir législatif –, et par le Conseil fédéral – formant le pouvoir exécutif. Cet organisme met également en place des guides, à destination des cantons :

« Il n'y a pas de soutien ciblé au développement de la filière de la géothermie. Enfin, pas directement au niveau des compétences. On ne développe pas de nouvelles compétences, on essaye de donner de la connaissance aux institutions en activité. [...] On a par exemple, avec l'association faîtière Géothermie Suisse, l'association faîtière nationale pour la géothermie, qui est financée par l'Office fédéral de l'énergie, un programme de retour d'expérience, d'échange d'expérience. [...] Au niveau de la Confédération, ce qu'on fait, en plus, c'est qu'on pousse cette plateforme d'échange d'expérience, où on a toujours, très souvent, des directives

⁶⁰ OFEN, Office fédéral de l'énergie. Office fédéral de l'énergie [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 12 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/das-bfe/bundesamt-fuer-energie.html>.

techniques [...] donc là c'est des choses qu'on publie, on ne peut absolument forcer les cantons à appliquer ou même à le lire, mais c'est des choses qu'on met à disposition des cantons pour qu'ils puissent s'intéresser au sujet, à avoir une source d'information technique, on ne peut absolument pas forcer le canton à mettre en place telle ou telle procédure ou à suivre telle ou telle directive. Donc ça, c'est ce qu'on appelle des mesures de soutiens indirects à la géothermie, elles sont indirectes et complètement libres d'être appliquées ou pas. Pas très efficace, donc. » (Suisse_OFEN, spécialiste énergies renouvelables à l'office fédéral de l'énergie)

L'OFEN a un rôle d'animation de la filière de la géothermie, notamment en créant une plateforme d'échange. Elle subventionne également certains projets pilotes.

Toujours à l'échelle nationale, il existe une « association faîtière », c'est-à-dire une association qui regroupe les industriels de la géothermie, Géothermie Suisse. Cette dernière est financée par l'OFEN, et joue, à l'instar de son homologue français, un rôle de mise en réseau des différents acteurs – permettant un partage de connaissances –, et joue le rôle de porte-parole de la filière auprès des pouvoirs publics et d'autres acteurs.

Un acteur académique important est le Service sismologique suisse (ou SED, qui est une composante de l'École polytechnique fédérale de Zurich). Cet organisme de recherche a la compétence dans les domaines des séismes, en gérant notamment un réseau de stations sismiques.

Le Service géologique national est une branche de Swisstopo – qui a la compétence de collecte et de mise en forme de données géospaciales et de cartographie. De manière plus spécifique, le service géologique s'occupe des données géologiques, en relevant, collectant et mettant en forme les données géologiques.

Si l'échelle fédérale indique les grandes directions concernant la transition énergétique, l'implémentation de cette dernière est dévolue aux cantons. De ce fait, ce sont les gouvernements et parlements cantonaux qui mettent en place ces politiques :

« Le parlement avait retenu pour ce projet pilote une procédure qu'on appelle le plan spécial cantonal. Donc une procédure de planification qui est définie sur la loi cantonale sur l'aménagement du territoire, et puis qui décrit les différentes phases. Effectivement, c'est les phases d'information, participation, dépôt public,

de traitement des oppositions, de prise en compte de tous les aspects qui est définie dans la loi ou parfois dans la pratique, mais c'était vraiment une volonté d'avoir ce plan spécial cantonal, de la compétence des autorités cantonales. Souvent, pour les projets, on a des procédures plutôt communales, qui sont au plan local. » (Suisse_Canton, responsable de l'énergie au sein du Canton du Jura)

C'est à l'échelle locale que sont décidées les modalités d'utilisation du sous-sol – la compétence du sous-sol étant dévolue aux cantons –, et donc de la géothermie, avec notamment la délivrance des permis et autorisations. Ces compétences sont gérées auprès des services cantonaux, tels que le *Service de développement territorial* dans le canton du Jura.

Cette subsidiarité se retrouve également à travers le développement d'établissements publics auxquels sont déléguées de nombreuses compétences de services publics, telles que la distribution d'eau, d'électricité, la mise en place de réseaux de chaleur, etc. Citons par exemple les Services industriels de Genève (SIG), les Services industriels de Nyon ou Elektrizitätswerk der Stadt Zürich. Ces différents projets peuvent porter directement des projets de géothermie – comme les SIG à Genève –, ou faire partie d'une *joint venture* avec d'autres entreprises publiques ou privées pour porter la géothermie. À titre d'exemple, GeoEnergie Suisse, portant notamment le projet en Haute-Sorne, est une co-entreprise entre les services industriels du Tessin (Azienda Electrica Ticinese), de Zurich (Elektrizitätswerk der Stadt Zürich), Berne (Energie Wasser Bern), Bâle (Industrielle Werke Basel), ou d'acteurs privés, des énergéticiens – le plus souvent électriciens –, tels que EBL ou EOS Holding (au sein duquel on retrouve notamment Romande Energie). Ainsi, les projets de géothermie sont portés par des acteurs publics, ou des regroupements d'industriels publics ou privés, qui sont eux-mêmes soit des régies de services publics, soit des énergéticiens généralistes. Parfois, ces industriels peuvent créer des groupes d'intérêts localement, comme avec l'association Géothermie Jura, jouant un rôle similaire à celui de Géothermie Suisse à l'échelle locale.

La géothermie profonde fait intervenir une pluralité d'acteurs. Parmi les acteurs particulièrement importants se trouve l'Office fédéral de l'énergie et Géothermie Suisse à l'échelle nationale, et les services cantonaux, ainsi que les industriels, qu'ils soient publics ou privés. À l'instar de la France, il n'existe pas d'acteurs à l'échelle nationale au sein de la sphère sociale.

Sphère politique	Sphère sociale	Sphère administrative	Sphère économique	Sphère académique
Assemblée fédérale Parlements cantonaux		OFEN Services cantonaux	Services industriels des villes et cantons GeoEnergie et autres industriels Géothermie Suisse Geothermie Jura	Service sismologique suisse Service géologique national

*
**

La structuration des acteurs diffère entre la France et la Suisse. Le modèle français, plus centralisé, laisse une place prépondérante aux acteurs centraux – notamment l'ADEME ou les services ministériels. Les industriels sont essentiellement privés, et ces derniers se coalisent au sein d'instances leur servant de forums d'échanges et de porte-parolat. La Suisse, au contraire, retrouve son modèle décentralisé. Les organismes centraux, avec l'Office fédéral de l'énergie, ont un pouvoir d'animation et de directives pour la transition énergétique, bien que les implémentations locales soient réalisées par les cantons. À l'instar de la France, la Suisse possède également une association représentative de la filière, impulsée par les pouvoirs publics. Néanmoins, les industriels sont publics ou sont le fruit de co-entreprises entre des acteurs publics et privés.



La géothermie est une énergie territorialisée, dépendant tant des contextes géologiques que sociaux. En effet, si le principe de la géothermie est relativement simple – puiser de l'eau chaude en profondeur –, son implémentation va varier selon les contextes géologiques. Si, originellement, elle s'est développée autour de sites volcaniques ou sur des aquifères, de nouvelles technologies ont été mises en œuvre pour permettre son développement dans de nouveaux contextes. La géothermie connaît un développement sociotechnique important, passant d'un paradigme fondé sur l'exploitation de roches sèches et chaudes à un paradigme « d'amélioration » de réseau faillé. Néanmoins, du fait de cet historique, mais également d'une connotation liée à des expériences passées de sismicités induites, l'EGS est une notion peu stabilisée et discutée par les différents acteurs de la filière, certains la percevant comme une évolution technologique, d'autres comme un terme permettant de justifier la fracturation, tandis que d'autres y voient un simple décolmatage de failles préexistantes. Ces différents débats témoignent de la nature complexe de la géothermie, et de sa dépendance de son contexte géologique.

La France et la Suisse connaissent des trajectoires sociotechniques différentes dans le domaine de la géothermie. En France, le développement de la géothermie est particulièrement ancien, remontant aux années 1970 pour faire face aux besoins en chaleur à la suite des chocs pétroliers, et connaît un regain d'intérêt dans les années 2010, afin de répondre à une climatisation des politiques énergétiques. Si un développement d'une géothermie électrogène était encouragé, un changement de stratégie est conduit au tournant de 2019, avec l'abandon d'un tarif préférentiel de l'électricité. Ainsi, la filière se tourne à nouveau vers la chaleur, couplant avec une éventuelle exploitation du lithium présent dans les eaux géothermales. Le pays a pu ainsi capitaliser sur cinquante ans d'expérience en géothermie, accentué par une histoire d'exploitation pétro-

lière, qui a permis d'explorer et cartographier une partie du sous-sol, mais aussi de disposer d'une législation concernant le sous-sol.

La Suisse, quant à elle, a une histoire plus récente avec la géothermie. Ce pays n'a pas connu un passé avec le sous-sol, l'obligeant à créer un cadre législatif *ad hoc* pour la géothermie, mais aussi à mener des campagnes d'exploration et de cartographie du sous-sol. Les expériences passées de la géothermie en Suisse, notamment les projets de Bâle (2006) et de Saint-Gall (2013), se sont soldées par l'arrêt des projets à la suite de séismes induits. Ainsi, le réel développement de la géothermie helvète ne débute qu'à partir des années 2010, avec une distinction importante entre la géothermie hydrothermale – c'est-à-dire conventionnelle – et la géothermie pétrothermale –, c'est-à-dire EGS. La géothermie est électrogène, s'inscrivant dans une perspective de sortie progressive du nucléaire.

Finalement, le jeu des acteurs diffère entre les deux pays, témoignant d'une structure politique différente. Ainsi, la France est un pays centralisé, où la législation du sous-sol est gérée à l'échelon national, contrairement à la Suisse, où cette compétence est dévolue aux cantons. On retrouve néanmoins des similitudes entre les deux pays, avec des associations représentatives de la filière, des acteurs institutionnels devant animer et impulser une transition énergétique, ou une multitude d'acteurs industriels. Si, en France, les acteurs sont essentiellement privés, on voit en Suisse la participation d'acteurs publics.

On peut voir, à travers cette présentation, qu'il existe une multitude de formes de géothermies, dépendant des contextes territoriaux. Couplé avec la pluralité de jeux d'acteurs selon les territoires, cela induit différentes formes de territorialisations qui se manifestent de manière différente. Ces différents éléments contextuels en tête, nous présenterons dans le prochain chapitre les différents terrains d'étude.

CHAPITRE 5 – PRÉSENTATION DES TERRAINS D'ÉTUDE : UNE DIVERSITÉ DE CONFIGURATIONS DE GÉOTHERMIE PROFONDE

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que la géothermie est une technologie avec une dimension territoriale forte, s'inscrivant dans un milieu, avec ses réalités géologiques et économiques propres, pour générer des conditions de production singulières (Labussière, Nadaï 2015, p. 25). Comme nous avons pu le voir précédemment, l'implantation des centrales géothermiques est conditionnée par la technique, notamment les conditions géologiques qui doivent présenter des caractéristiques précises pour permettre la réalisation de ces projets – nonobstant des tentatives de s'en émanciper, à travers des améliorations techniques. De même, la géothermie est conditionnée aux débouchés de la surface. En effet, la géothermie exploite la chaleur, parfois transformée en électricité, qui permet le transport de cette énergie sur de longues distances. Elle peut également être utilisée en tant que telle, au sein des réseaux de chaleur urbains, ou pour un usage agricole ou industriel. Cependant, l'usage direct de la chaleur nécessite alors un débouché de proximité, qui, du fait de pertes thermiques importantes, rend impossible son transport sur de longues distances.

Cette double contrainte – trouver une ressource intéressante en sous-sol et un débouché en surface – contraint les projets de géothermie profonde. La volonté d'extension en dehors de ces régions historiques va conduire les acteurs à déployer deux stratégies. La première stratégie est ce que nous qualifions d'« **orientée surface** », c'est-à-dire que les acteurs vont chercher la ressource en sous-sol, face à un besoin déjà existant en surface. Ils vont mettre en place des stratagèmes techniques pour rechercher cette ressource calorifique dans un contexte parfois difficile, à travers la mise en place de procédés d'innovations techniques. La seconde stratégie est celle « **orientée sous-sol** », où,

pour une ressource déjà présente dans le sous-sol, les acteurs vont développer – de manière opportune – un débouché *ad hoc* pour cette ressource. De ce fait, la géothermie s’inscrit dans un contexte territorial en trois dimensions, organisé autour de l’articulation entre un sous-sol fournisseur de ressources et une surface consommatrice de cette ressource.

On retrouve ces stratégies dans les différents projets que nous étudions dans le cadre de cette thèse. Dans le projet de Parentis, nous sommes dans un contexte de stratégie orientée sous-sol. En effet, le projet de géothermie est né d’une volonté de valoriser l’eau chaude issue de l’exploitation pétrolière, à travers la recherche d’un débouché. La stratégie orientée surface pousse, lorsque le contexte n’est pas favorable, à mettre en place une géothermie améliorée, à travers le développement de techniques EGS ou la mise en place de pilotes industriels. Cela peut passer par la recherche de nouveaux contextes géologiques, notamment faillés, comme cela peut se manifester à Strasbourg ou en Auvergne. Ce peut être également la promesse d’avoir des centrales géothermiques qui soient indépendantes de la configuration du sous-sol, comme les projets de Pau et de Haute-Sorne.

Ces différents terrains d’études (voir carte n°11) s’inscrivent, de plus, dans des contextes géologiques différents. Les projets de Parentis et de Pau s’établissent au sein du bassin sédimentaire d’Aquitaine. Le projet de Saint-Pierre-Roche se trouve au sein des failles crustales du Massif central. Le projet de Strasbourg s’ancre au sein du socle granitique d’Alsace. Le projet de Haute-Sorne mobilise les réseaux faillés du Jura.

Localisation des terrains d'études



Figure 11: Localisation des terrains d'études

L'extraction pétrolière dans les Landes

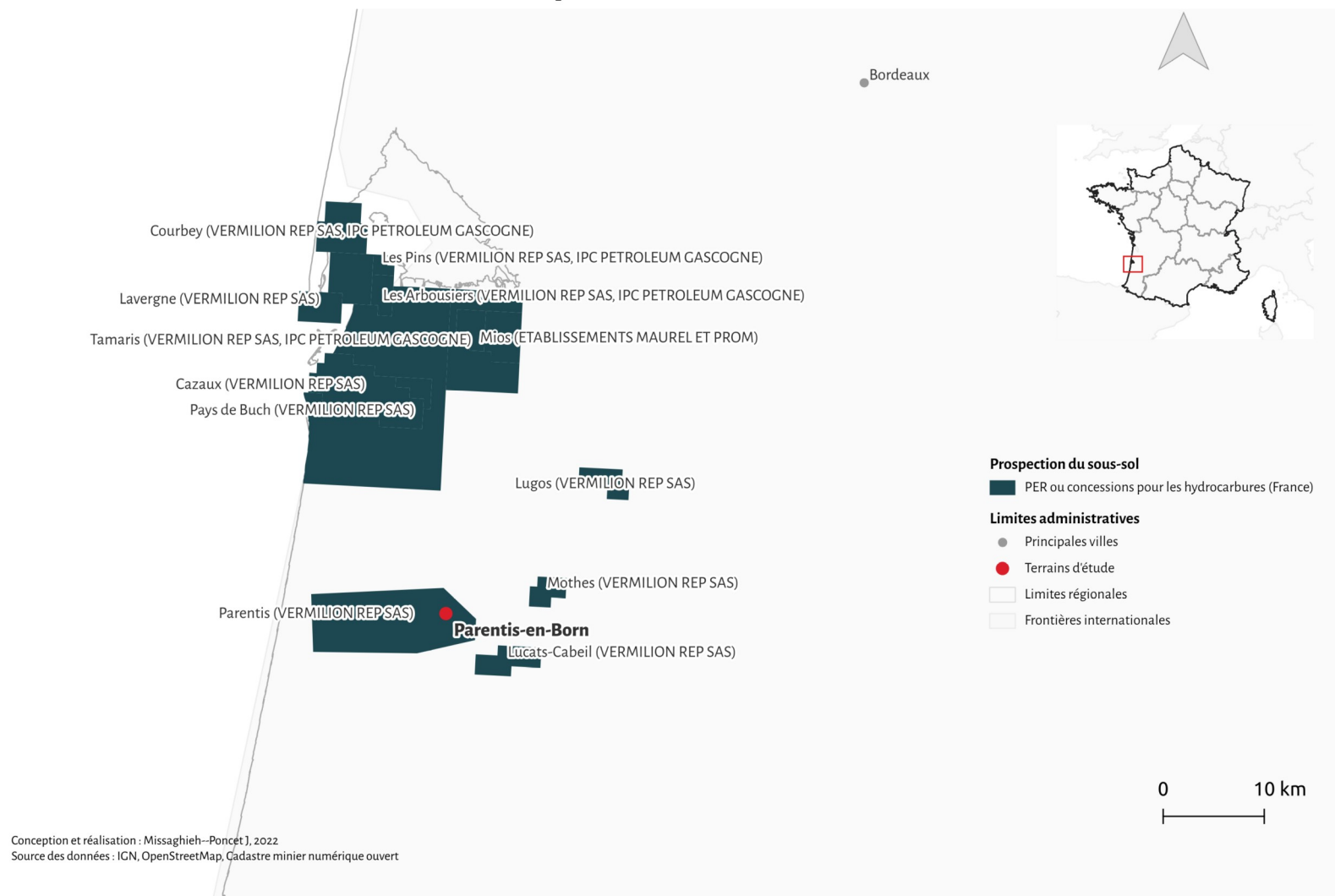


Figure 12: Carte de localisation de Parentis-en-Born

1. La géothermie comme prétexte de pérennisation de l'activité pétrolière : Parentis-en-Born

Le nord des Landes est historiquement un lieu d'exploitation pétrolière depuis les années 1950 (voir la carte n°12). Récemment, il s'est développé sur cette base un cas de covalorisation d'une exploitation pétrolière, où l'eau issue de l'extraction pétrolière est valorisée en chaleur, que nous proposons d'étudier.

1.1. De la recherche du pétrole dans les années 1950...

L'histoire de Parentis-en-Born est liée à celle de la prospection pétrolière en France. En 1937, dans une logique d'autonomie énergétique, le gouvernement français lance une campagne de prospection pétrolière. Le bureau européen de la Standard Oil Company est chargé d'une prospection dans le Bassin aquitain l'année suivante. En 1941, le gouvernement français délivre des permis de recherche exclusifs à des organismes nationaux, la Régie autonome des Pétroles et la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine (Enjalbert 1957). En 1948, la Standard Oil demande un permis exclusif de recherche dans le nord des Landes, et le 25 mars 1954 est découvert un gisement de pétrole dans le village landais de Parentis-en-Born. Esso-Standard SAF fit une demande d'exploitation, avec une concession d'État accordée en décembre 1955, pour une durée de cinquante ans (Di Méo, Houtmann 1973). Un autre gisement, plus profond, est découvert le 10 mars 1957 (Enjalbert 1957). À ses débuts, le gisement semblait prometteur, et a eu lieu, durant la mise en place du projet, le développement d'un imaginaire autour de l'exploitation pétrolière, comparant les paysages landais à ceux du Texas ou du Venezuela (Enjalbert 1957). Parentis était alors surnommé la « capitale du pétrole français », avec un capital symbolique fort, dans lequel s'était ajoutée la venue d'importants capitaux privés pour la prospection (Enjalbert 1957). En 1956, le musée du pétrole attira 100 000 visiteurs – mais tomba à 26 000 en 1970 (Di Méo, Houtmann 1973). L'activité pétrolière a eu des retombées économiques importantes. Ainsi, cette activité a permis

l'emploi de jeunes locaux sur les chantiers (350 travailleurs dans les années 1950, pour tomber à 77 en 1972), avec des salaires supérieurs à ceux d'autres emplois (1750F à 7500F contre 1000F à 5000F). De plus, les conséquences économiques furent importantes, avec des redevances pétrolières pouvant représenter une partie non négligeable du budget communal, allant de 1 % à Ychoux, et jusqu'à 20 % à Parentis. Finalement, en 1996, une société canadienne, Vermillon Energy, racheta à Esso ses titres miniers à Parentis – la production pétrolière n'étant plus assez intéressante pour Esso –, et en 2005 un renouvellement de la concession est accordé⁶¹.

Le développement de cette industrie a eu un impact important sur ce territoire, avec la mise en place d'un héritage industriel autour de cette activité :

« Pour la commune de Parentis en particulier, ça a un poids très important. Ça a un poids déjà, il y a une grosse dimension historique et patrimoniale. Pour le territoire, il y a une certaine fierté à revendiquer qu'il y a une activité pétrolière sur le territoire. Je pense qu'on bénéficie de l'histoire et en fait, souvent, on a beaucoup de facilité à valoriser l'activité pétrolière comme du tourisme industriel ou du tourisme patrimonial » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

Le développement de l'activité pétrolière à Parentis a eu un poids historique dans le développement de la commune, avec la mise en place d'une activité industrielle, puis touristique, avec notamment un musée du pétrole.

1.2. ... Au développement de la géothermie à la fin des années 2000

Ainsi, la commune de Parentis-en-Born a-t-elle connu une trajectoire sociotechnique marquée par l'exploitation pétrolière, trajectoire dans la continuité de laquelle s'inscrit le projet de géothermie étudié. Ce projet s'inscrit au sein d'une politique interne à l'entreprise, comme l'explique cette cadre de l'entreprise pétrolière :

« [Ce projet] est né sur l'initiative d'un des directeurs de Vermillon basé à Parentis, qui avait une certaine sensibilité sur le développement durable, et qui, en

⁶¹ LANDES Cinquante ans d'extraction de pétrole à Parentis-en-Born [en ligne]. Novembre 2004. [Consulté le 19 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.lemoniteur.fr/article/landes-cinquante-ans-d-extraction-de-petrole-a-parentis-en-born.1885414>.

2006-2007, s'est interrogé de comment on pouvait valoriser les énergies fatales issues de nos activités pétrolières. Donc pour ce faire, parce qu'il faut savoir que sur les principaux gisements pétroliers français, nous produisons énormément d'eau, qui sont issues de couches géologiques qui peuvent être situées à 2500-3000 mètres de profondeur, donc nos fluides que l'on extrait présentent des températures très intéressantes et donc en 2006-2007, on a embauché un consultant à qui nous avons donné mandat d'évaluer la possible valorisation de la thermie associée à notre exploitation et de faire un peu la revue des usages qui pouvaient en être faits et de développer [...] un réseau pour attirer des usagers.» (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

Le projet de co-valorisation de chaleur issue de l'extraction pétrolière s'inscrit dans une politique d'écologisation des pratiques du pétrolier durant la décennie 2000, à travers la volonté de valoriser une ressource non utilisée, ici, la chaleur issue des fluides d'extraction. De ce fait, il a été recherché un usage pour une ressource souterraine inusitée.

L'entreprise a donc cherché à développer un débouché à cette ressource :

« Puisqu'à l'époque, sur Parentis en particulier, on n'avait identifié aucun usager qui pouvait profiter de cette thermie. Donc double défi, c'était de pouvoir quantifier la valorisation énergétique possible et comment on pouvait la prévoir pour plusieurs décennies et deuxième défi, c'était de créer un usage à proximité de nos installations qui n'existaient pas. » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

Cela s'est traduit par la mise en place d'un réseau d'acteurs, un « enrôlement » – pour reprendre la terminologie de la théorie de l'acteur-réseau – des différents acteurs :

« Il a fallu déclencher les actions de communication et de projet, permettant de créer un petit peu la faisabilité et de pouvoir commencer à être attractifs pour d'autres usages. Et il a fallu surtout construire le réseau des personnes impliquées. C'est-à-dire qu'il y a quand même quatre acteurs principaux qui ont pu bénéficier à l'émergence du projet à Parentis. [...] Le premier forcément, qui a été dans la prise d'initiative, c'était Vermillon. Le deuxième acteur, c'est le serriste, qu'on est allés chercher, parce qu'on a fait comme un appel d'offres auprès d'agriculteurs, parce qu'on a quand même vu dans la faisabilité de notre projet que des serres chauffées avec notre eau étaient le projet, à l'époque, le plus « faisable », et qui pouvait, vraiment, intéresser des investisseurs. [...] [Troisième] acteur clé, c'est le maire de la commune, puisque pour s'implanter à proximité de nos installations, il a fallu voir la faisabilité avec lui de débloquer du foncier qui appartenait à la commune, ou tout du moins, d'en débloquer ces règles d'urbanisme, qui étaient très contraignantes. Et le quatrième acteur, c'était la Préfecture et l'administration qu'il a fallu engager aussi sur la possibilité de débloquer l'urbanisme qui avait certaines protections environnementales dessus. » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

Le projet a connu des processus de traductions et de négociations – dans une logique de sociologie de la traduction –, a permis de transformer une idée de valorisation de chaleur fatale en projet agro-industriel. Cela s'est traduit par un enrôlement en interne, manifesté à travers la définition d'indicateurs permettant de qualifier la ressource, traduisant en données quantitatives une réalité physique. L'enrôlement s'est ensuite fait à l'extérieur de l'entreprise, à travers la recherche d'un débouché, puis de l'administration, pour changer la nature d'une vocation agricole, d'un espace boisé classé et d'un site Natura 2000.

Le déploiement sociotechnique a été relativement simple à mettre en place, et a nécessité peu de modifications du système existant :

« Les 2 % de pétrole qui sont retirés, alors c'est par simple décantation, sont envoyés par le pipeline, et les 98 % d'eau, eux, repartent en injection [...] sur des puits injecteurs. On a des puits injecteurs qui ont des capacités d'injection qui sont dignes de puits géothermiques. Mais on n'est pas sur les mêmes débits que sur des puits simples géothermiques qui ont des capacités d'injection très fortes dans les couches géologiques. Ici, sur les dépôts de Parentis, avant que cette eau reparte en injection à 2 500 m de profondeur dans le même réservoir pétrolier, ça passe via un petit échangeur qui a été installé chez nous, sur le dépôt. En fait, c'est assez simple, parce qu'on n'a pas modifié énormément nos processus sur les dépôts, ici on a mis un petit échangeur, juste avant que l'eau reparte par les pompes d'injection, on passe dans un échangeur et l'eau est abaissée de 55 à 35°, et dans [un] échangeur, il y a l'eau du serriste qui est stocké dans [un] bac, qui vient en boucle fermée prendre les calories chez nous. Donc le projet a été très facile, dans le sens où pour le serriste il s'est juste agit de mettre un volume d'eau tampon chez lui, de tirer des canalisations vers chez nous, de passer au travers de l'échangeur pour revenir chez lui. Et comme ça il a une eau qui est chauffée pour ses serres qui sont implantées juste à côté. Donc le principe est très simple. Donc chez nous, cela a juste nécessité de dériver la canalisation d'injection principale avant qu'elle s'en aille vers nos puits, de manière à pouvoir prendre ces calories. »
(Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

L'exploitation de Parentis a la particularité de se trouver sur un lac. La configuration fait que les différentes têtes de puits sont reliées à travers un tuyau unique. La réalisation d'une dérivation d'eau chaude et la mise en place de cet échangeur ont permis à cette exploitation pétrolière d'avoir également un usage géothermique. Si cette solution paraît simple, il y a également quelques contraintes, notamment dues à la nature

corrosive du fluide, mais dont la gestion est intégrée dans les processus industriels du pétrolier :

« On a dû faire en sorte que cet échangeur tienne des eaux très salées et corrosives, parce qu'il faut savoir que ce n'est pas de l'eau douce qui transite [...] on est sur des eaux qui sont saumâtres, donc très fortement salées. [...] Il faut garder ça en tête, mais sinon, l'échangeur en lui-même, il est maintenu... c'est très simple, il n'y a pas de contraintes techniques particulières. [...] Les contraintes techniques pour nous, c'est qu'elles sont déjà existantes pour la production pétrolière. Je m'explique. Un puits profond, ça se maintient, les pompes se cassent, les garnitures dans le puits s'érodent, le puits est à maintenir, il faut pouvoir injecter des anticorrosions, des antioxygènes, des antibactériens. [...] C'est déjà intégré à notre exploitation pétrolière, donc toutes ces contraintes techniques, nous les avons déjà pour la production pétrolière. Et le fait de rajouter cette exploitation géothermique, finalement, n'ajoute pas de contraintes qui sont de toute façon déjà prises en compte dans notre exploitation pétrolière. [...] C'est ce en quoi la technologie pétrolière, puisque que finalement on est des producteurs d'eau salée par excellence, ces contraintes techniques là et technologiques, nous, nous les avons déjà de base. » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

Si, pour le pétrolier, la gestion de la problématique de la corrosion n'a pas changé son fonctionnement, cela s'est traduit pour le serriste par une modification du matériel et à un apprentissage de ces contraintes :

« Et la maintenance et tout ça, c'est à nous. Bon l'eau elle est très sale ici. Il y a beaucoup de sel et du pétrole également. Ça nécessite de la maintenance fréquente, pour éviter que les échangeurs se bouchent. Mais bon, aujourd'hui on est habitués et on sait le gérer, on s'occupe, c'est notre problème, ce n'est pas leur problème. [...] On avait trois échangeurs [en] inox, qu'on a dû remplacer au bout de cinq ans. Et on les a remplacés avec des échangeurs en titane. » (Parentis_daqi)

Le serriste, moins habitué aux procédés industriels des pétroliers, a appris au fur et à mesure certaines contraintes dues aux propriétés du fluide. Après une modification du matériel et de l'entretien, les problèmes ont été résolus.

D'un point de vue technique, le montage du projet géothermique de Parentis est simple. Il consiste en une déviation de l'eau chaude issue de l'exploitation pétrolière, avant d'être réinjecté. Les difficultés techniques intrinsèques sont celles propres au métier de pétrolier, c'est-à-dire la prise en compte des caractéristiques du fluide.

1.3. Un projet participant au développement économique ?

Les acteurs justifient le projet sous l'angle de l'emploi et des critères économiques. L'un des arguments avancés est la création d'emplois :

« [Sur le site de Vermillon, on retrouve] une centaine de CDI et cent-cinquante saisonniers. » (Parentis_Serriste, producteur agricole)

Cet acteur pointe ainsi l'intérêt économique du projet de géothermie, qui a permis l'implantation de serres et donc la mise en place d'un projet agricole. En effet, l'énergie fournie par la géothermie est bon marché :

« Oui, il existe un contrat. À l'époque, il y avait un montant par an à payer. Valable pendant la période que Vermillon, ils ont une concession pour les puits du pétrole. Et le prix initial s'était basé sur une certaine quantité de calories. Mais effectivement, ils ne sont jamais arrivés à fournir les cases de calories prévues dans le contrat. Ce qui fait qu'ils nous ont dit, ils nous filent les calories gratuitement. Mais la facture l'électricité c'est à nous, par contre. Et la facture de l'[électricité] n'est pas petite. On est arrivés sur une situation, ils ont dit « écoute, pff... vous prenez gratuitement... envoie-le ». Et eux en même temps, ils faisaient ça pour leur propre publicité. Ils ont dit « bon, quelques centimes de notre voisin ça ne va pas changer le bilan ». Et pour nous oui, c'était pas mal. » (Parentis_Serriste, producteur agricole)

« Puisqu'on a mis à disposition ces calories pour un coût très très modique, finalement, qui prévoit finalement les frais opérationnels de notre côté, donc c'est vraiment un montant symbolique à l'année, pour lui. » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

Le pétrolier fournit au serriste une énergie quasiment gratuite, hormis les coûts d'entretien, présentée par les acteurs comme un échange de bons procédés entre acteurs industriels. D'un côté, le serriste s'y retrouve économiquement, à travers une énergie peu chère dans le cadre d'une activité nécessitant de nombreuses ressources énergétiques, tandis que le pétrolier répond à sa volonté de valorisation d'une ressource « perdue », la chaleur fatale liée à l'extraction, s'inscrivant dans une logique de « verdissement » de son image, répondant à la logique de « développement durable » ayant guidé le projet.

Lors d'un entretien, le serriste a indiqué qu'il avait également mis en place un système de secours en cas de baisse de volume ou de maintenance du côté du pétrolier, comprenant la fourniture en chaleur. Ces sources alternatives d'énergie, assurant une continuité dans le chauffage des serres, sont fondées sur le gaz naturel (propane) et un système de chaufferie par bois. Ces solutions présentant un coût certain pour l'entreprise, on peut aisément comprendre l'intérêt qu'a le serriste pour le système géothermique. Du côté du pétrolier, le coût est relativement faible, car étant une simple déviation d'un système déjà existant, expliquant qu'elle offre de manière quasi gracieuse cette énergie.

La mise en place de ce partenariat entre ces deux entreprises montre des intérêts économiques – énergie bon marché pour le serriste, créations d'emplois locaux. Néanmoins, le pétrolier trouve également un intérêt dans la justification de son activité, dans un contexte de remise en cause de ce type d'activités.

1.4. La géothermie, un « verdissement » de l'extraction pétrolière ou une reconversion économique ?

Au-delà d'une justification économique, la géothermie joue un rôle de « verdissement » de l'activité pétrolière, et de l'activité agricole :

« Ça fait plutôt partie de notre image et notre raison d'être, façon de faire. C'est vrai, ça ne va pas nous rendre riches, mais c'est juste une image, c'est pour l'image, effectivement. » (Parentis_Serriste, producteur agricole)

Pour le serriste, la mise en place du projet permet d'améliorer son image, notamment dans une industrie fortement consommatrice en énergie, et où l'utilisation d'une énergie renouvelable permet de « verdir » son image. Cependant, comme nous l'avons montré précédemment, la mise en place de ce projet s'est fait au détriment d'une zone boisée classée et d'un site Natura 2000, et l'on peut questionner l'intérêt de la plus-value environnementale de ce projet conduisant à la destruction d'un site protégé, au regard de sa mise en place.

L'image, évidemment, joue aussi pour l'industriel, qui justifie son activité pétrolière, dans un contexte de remise en cause institutionnelle. En effet, si pour le pétrolier, le projet est relativement bien accepté à l'échelle locale, cette activité est remise en cause au sein des politiques publiques, cherchant progressivement à réduire et arrêter l'extraction pétrolière, mais aussi au sein de l'opinion publique⁶².

L'acceptation de l'activité est notamment marquée par l'absence d'incidents majeurs, qui auraient pu remettre en cause l'activité :

« Nous n'avons pas eu d'accident majeur sur nos activités, qui remettraient en cause notre « acceptabilité » que nous avons sur le territoire. [...] On n'a quand même pas d'évènements majeurs qui ont fait en sorte que notre confiance, la confiance que les gens mettent dans notre activité a pu être érodée ou dégradée. [...] Et les quelques accidents qu'on a eus, c'est notre capacité à répondre de manière transparente et efficace à l'accident. Et ça, c'est primordial. Encore une fois, c'est la robustesse et la solidité avec laquelle l'entreprise fait ses travaux et communique. Et ça aussi. Il suffit d'une fois pour que la confiance soit complètement... » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

La réponse apportée aux incidents a permis de gagner, selon les dires de l'entreprise, la confiance du public, et une acceptation de l'activité. On peut alors se demander quel est l'intérêt de l'entreprise de développer un « verdissement » de son activité :

« Donc cette démarche, on avait l'ambition, il y a quelques années, avant la loi Hulot, que cette condition allait rendre plus acceptable avec la COP21, pour pérenniser durablement notre activité de coproduction. » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

La démarche adoptée est celle d'une volonté de « verdir » l'image de l'extraction pétrolière, en l'inscrivant au sein des politiques de climatisation – en se référant notamment à l'Accord de Paris visant à limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C –, en associant notamment le développement d'une énergie dite « verte » (la géothermie) à une énergie fossile (le pétrole). À travers ce couplage, il y avait l'idée de faire accepter l'extraction pétrolière. Néanmoins, la *loi n° 2017-1839 du 30 décembre 2017 mettant fin à la recherche ainsi qu'à l'exploitation des hydrocarbures et portant diverses dispositions relatives à*

62 Voir notamment à ce propos la thèse de Lolita Troilo, *op. cit.*

l'énergie et à l'environnement dite « loi Hulot » met fin à l'exploitation des hydrocarbures d'ici 2040. On peut noter l'incongruité, car cette loi a été mise en œuvre dans le cadre de l'Accord de Paris (COP 21), et, de manière paradoxale, l'entreprise cherche à justifier son activité en mobilisant ce même accord. En effet, la géothermie est vue comme un moyen de pérenniser l'après-pétrole. Néanmoins, il se pose un problème de rentabilité. La coproduction est alors justifiée par l'industriel comme un moyen de financer les projets de géothermie :

« Pourquoi ? Parce qu'aujourd'hui, il faut garder en tête que pour un industriel, la géothermie n'est pas rentable. Sans subvention, sans soutiens financiers de l'État, ou sans je dirais obligation d'achat. Donc du coup, on avait vraiment l'ambition de dire, "bon, voilà, on est capable de donner de la calorie, à partir du moment où le pétrole finance la maintenance des puits, finance l'opérabilité des dépôts, finance la mise en place des lignes" [...] Parce qu'aujourd'hui, la géothermie profonde, à part si c'est la collectivité qui investit pour 40 ans, pour un industriel ce n'est pas rentable. » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

Cette péréquation des activités, à travers un financement de la géothermie et ses infrastructures par la vente du pétrole, est un modèle économique développé par l'opérateur pour continuer une activité économique, du fait de l'arrêt de son cœur de métier imposé par la fin de l'exploitation des hydrocarbures. L'entreprise est ainsi en questionnement sur son modèle économique :

« La loi Hulot nous a mis un peu un coup d'arrêt, parce que quand on a essayé de dire qu'on aurait bien voulu continuer à produire du pétrole au-delà de 2040, sous condition qu'il y avait de la géothermie, ça nous a été refusé. Donc du coup, on ne sait pas encore si, pour l'instant, on ne change pas la stratégie de notre entreprise, on continue à vouloir promouvoir de la géothermie, parce qu'on a mis des projets de recherche qui regardent les dimensions économiques pour voir si dans le futur ça peut devenir rentable à partir du moment où on a d'autres facteurs économiques qui rentrent en considération » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

La pérennité de l'entreprise est ainsi compromise par l'arrêt de l'exploitation des hydrocarbures. L'entreprise participe donc à un projet de recherche européen – le projet de recherche H2020 MEET –, qui vise à travailler sur le développement de la géothermie profonde. Dans ce cadre, le pétrolier s'efforce d'évaluer différentes alternatives,

soit à travers une coproduction pétrole et géothermie, soit à travers une reconversion d'une activité avec seulement la géothermie :

« [Le projet MEET est un] projet de recherche et développement sur trois ans, financé par l'Europe à hauteur de 80 %, dont les deux livrables sont les suivants : le premier, c'est d'évaluer les critères économiques d'une coproduction pétrole et géothermie, et qu'on puisse du coup avoir une activité économique de notre géothermie associée au pétrole, et deuxièmement, c'est le potentiel de reconversion 100 % géothermie et là aussi de regarder la faisabilité économique. Dans une perspective de conversion totale, les premiers résultats ne sont pas très encourageants, mais bon, on ne perd pas ça de vue. Si tu veux, Vermillon a essayé de voir puisque que la coproduction pétrole/géothermie gratuite n'est pas possible avec la loi Hulot, on va essayer de voir si on ne peut pas se convertir en tant que tant que géothermicien, avec de la rentabilité économique » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

L'entreprise a étudié la viabilité de deux modèles économiques, l'un fondé sur une coproduction pétrole et géothermie, et l'autre d'une reconversion avec seulement la géothermie. Le premier modèle a été mis en échec du fait de la loi Hulot. Le second modèle, quant à lui, pointe des problèmes de rentabilité, notamment du fait de la concurrence avec d'autres formes d'énergies bon marché :

« Dans le cadre de notre projet, on met en place la fourniture de chaleur au lycée, et là pour le coup, on a contractualisé cette géothermie [...] les conditions contractuelles, c'est qu'il ne fallait pas que ça coûte au lycée plus que le chauffage au gaz. [...] On est sur des tarifs gaz [...] et avec ce tarif-là, on arrive à tout juste payer la maintenance du puits [...] on arrive tout juste à payer le financement de la mise en place de la ligne d'eau chaude entre nous et le lycée. Donc ça veut dire que sur les vingt ans qui viennent, on n'arrive pas à se payer » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

« La rentabilité économique, c'est un problème. Aujourd'hui, tant qu'il y a du pétrole, effectivement, on a de la gratuité, voire des tarifs que l'on met au niveau du gaz actuel, voilà. Donc que... Ce n'est pas simple » (Parentis_Pétrolier, directrice HSE)

Le frein identifié par l'opérateur est une question de concurrence vis-à-vis d'autres formes d'énergies. Ainsi, dans un contexte où le gaz naturel est bon marché, la géothermie peut difficilement être compétitive. Au-delà de cet état de fait, sur le marché de l'énergie se cachent des enjeux de politiques publiques : la géothermie deviendrait intéressante uniquement en cas de hausse du prix de gaz, d'où un choix de la puis-

sance publique de taxer plus fortement le gaz naturel et/ou subventionner la chaleur géothermale.

Dans un autre registre, il peut être intéressant de citer les projets de recherche Pétroval⁶³ et Valor⁶⁴ mis en œuvre par le BRGM et l'ADEME entre 2017 et 2020. Ces projets cherchent à faire un inventaire des différents ouvrages pétroliers, et d'identifier, sur des critères géologiques, les forages qui pouvaient être reconvertis pour un usage géothermique :

« Étant donné qu'il y a un très grand nombre de forages, c'est utiliser à moindres frais des ouvrages existants et recycler ce qui existe dans le sous-sol. Donc à partir de cette première étude Pétroval, on a pu identifier, je pense que c'était 10 % de ces ouvrages sur le territoire français, qui pourraient potentiellement être reconvertis. C'est une étude vraiment très préliminaire, ça ne présage pas du tout, puisqu'on a des données relativement généralistes sur ces forages, après il faut quand même aller en profondeur, en détail, comment est l'ouvrage [...] est-ce qu'il y a des villes qui se situent à proximité ou des réseaux de chaleur existants, auxquels on pourrait raccorder ces ouvrages pour alimenter ces réseaux. Donc cette étude de faisabilité technicoéconomique, elle a été réalisée dans cette seconde phase, Valor. [...] »

Le devenir de leurs [Vermillon] forages sera certainement une question qu'ils devront se poser, surtout que la loi prévoit notamment que les opérateurs devront faire cette étude de reconversion des forages avant de les fermer. Donc on interviendrait peut-être en amont de décision de fermeture des forages qui sont actuellement en exploitation pour justement les reconvertir pour être 100 % géothermie. Ça nous paraît un sujet intéressant, notamment de ce point de vue là. »
(TFR_BRGM1, ingénieure)

Ce travail de recherche, préliminaire, permet de dresser un état des lieux du potentiel géothermique. Bien qu'incomplet, car nécessitant de faire une analyse approfondie, il constitue néanmoins un travail préalable pour permettre la reconversion de certains puits pétroliers, passant d'un modèle de coproduction à un modèle entièrement géo-

63 MAUREL, Camille, HAMM, Virginie, BUGAREL, Frédéric, et al. Projet PETROVAL - Potentiel de valorisation géothermique des forages d'exploration et d'exploitation d'hydrocarbures au niveau national. Rapport final. RP-68593-FR [en ligne]. 2019. [Consulté le 22 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-68593-FR>.

64 HAMM, Virginie, BUGAREL, Frédéric, MAUREL, Camille, et al. VALOR: Etude de VALorisation géothermique d'OuvRages d'exploration ou d'exploitation d'hydrocarbures et miniers. Rapport final RP-69578-FR [en ligne]. 2020. Disponible à l'adresse: <http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-69578-FR>.

thermique. L'idée peut sembler séduisante. En effet, les phases d'exploration et de forage sont particulièrement coûteuses, et l'identification de forages propices permet ainsi de réduire les coûts de développement de projets de géothermie.



Le cas de Parentis est particulièrement intéressant. Si, au sein de notre corpus, il est un projet singulier – le seul qui ne soit pas une géothermie électrogène –, il montre bien la place paradoxale du sous-sol dans le cadre de la transition énergétique. En effet, si Parentis est historiquement un haut lieu de l'exploitation pétrolière en France, il montre également comment cette filière pétrolière, localement, essaye de se réinventer. Impulsé par un directeur qui souhaitait verdir l'image de l'entreprise, il a été mis en place un projet géothermique alimentant en chaleur des serres. Il montre également comment une entreprise valorise une ressource non utilisée – l'eau chaude représentant 98 % du fluide pompé –, afin de le valoriser économiquement.

Au-delà d'un simple développement économique local, cette expérimentation interroge sur l'utilisation du sous-sol. En effet, la législation pousse progressivement à l'arrêt de l'exploitation des hydrocarbures sur le territoire français en 2040. L'entreprise voit donc, à travers la géothermie, un moyen de se réinventer et y assurer sa survie au-delà de cet horizon. Néanmoins, des problèmes économiques existent, et notamment la rentabilité de ce type de projets face à d'autres formes d'énergies en concurrence, notamment le gaz. Ainsi, l'industriel admet que la rentabilité de ce type de projets n'est possible qu'en coproduction avec l'extraction pétrolière, remettant en cause sa pérennité sur le long terme, sauf augmentation des coûts pour les usagers ou, au contraire, une extension de l'exploitation pétrolière, qui serait alors « verdie », car justifiée par la génération d'une énergie dite « verte », permettant de mieux faire accepter l'exploitation pétrolière, activité remise en question pour des raisons climatiques. De fait, la trajectoire sociotechnique du pétrole influence – de manière marginale – celle de la géo-

thermie, notamment à travers les projets de Pétroval et de Valor, consistant à réutiliser d'anciens puits pétroliers, afin de faire baisser les coûts de développement de projets de géothermie.

Ces différents exemples montrent ainsi la complexité de la place du sous-sol et des formes d'énergies dans la transition énergétique. Au-delà d'un manichéisme entre « énergies fossiles » et « énergies vertes », il est possible de voir, comme nous l'avons présenté pour le cas de Parentis, des cas d'hybridations singulières, où la géothermie est au service d'un projet de verdissement de l'industrie pétrolière, révélant des enjeux d'images pour cette filière et sa perpétuation.

2. Une géothermie fondée sur un contexte faillé

Si Parentis est un bon exemple d'une coproduction de pétrole et de géothermie, il existe des projets de géothermie *ad hoc*. L'extension en dehors du Bassin parisien induit une adaptation à de nouveaux contextes géologiques. Certains géothermiciens décident donc de viser certains types de milieux particuliers – ici des systèmes faillés. Cela va de pair avec le développement d'un appareillage technique particulier. On retrouve ce type de configurations géologiques au sein du Massif central et en Alsace.

2.1. Saint-Pierre-Roche : une géothermie sur failles crustales

Le projet de géothermie Geopulse, dans la commune de Saint-Pierre-Roche (Puy-de-Dôme), est porté conjointement par deux entreprises, le bureau d'études TLS Geothermics – jouant le rôle de maîtrise d'ouvrage – et Storengy – une filiale de l'énergéticien Engie, et jouant le rôle de maîtrise d'œuvre. On est ainsi dans un contexte où un nouvel acteur – qu'on pourrait qualifier d'*outsider* – s'allie avec une entreprise ayant de l'expérience dans la géothermie – Storengy ayant plusieurs projets géothermiques dans le Bassin parisien. Le projet de Géopulse s'inscrit dans un contexte d'extension de la géothermie dans le Massif central. Cette région fait l'objet de nombreux PER pour la géo-

thermie profonde, notamment portés par TLS Geothermics et Fonroche (devenue Géorhin), comme l'illustre la carte n°13.

Usage du sous-sol en Auvergne-Rhône-Alpes

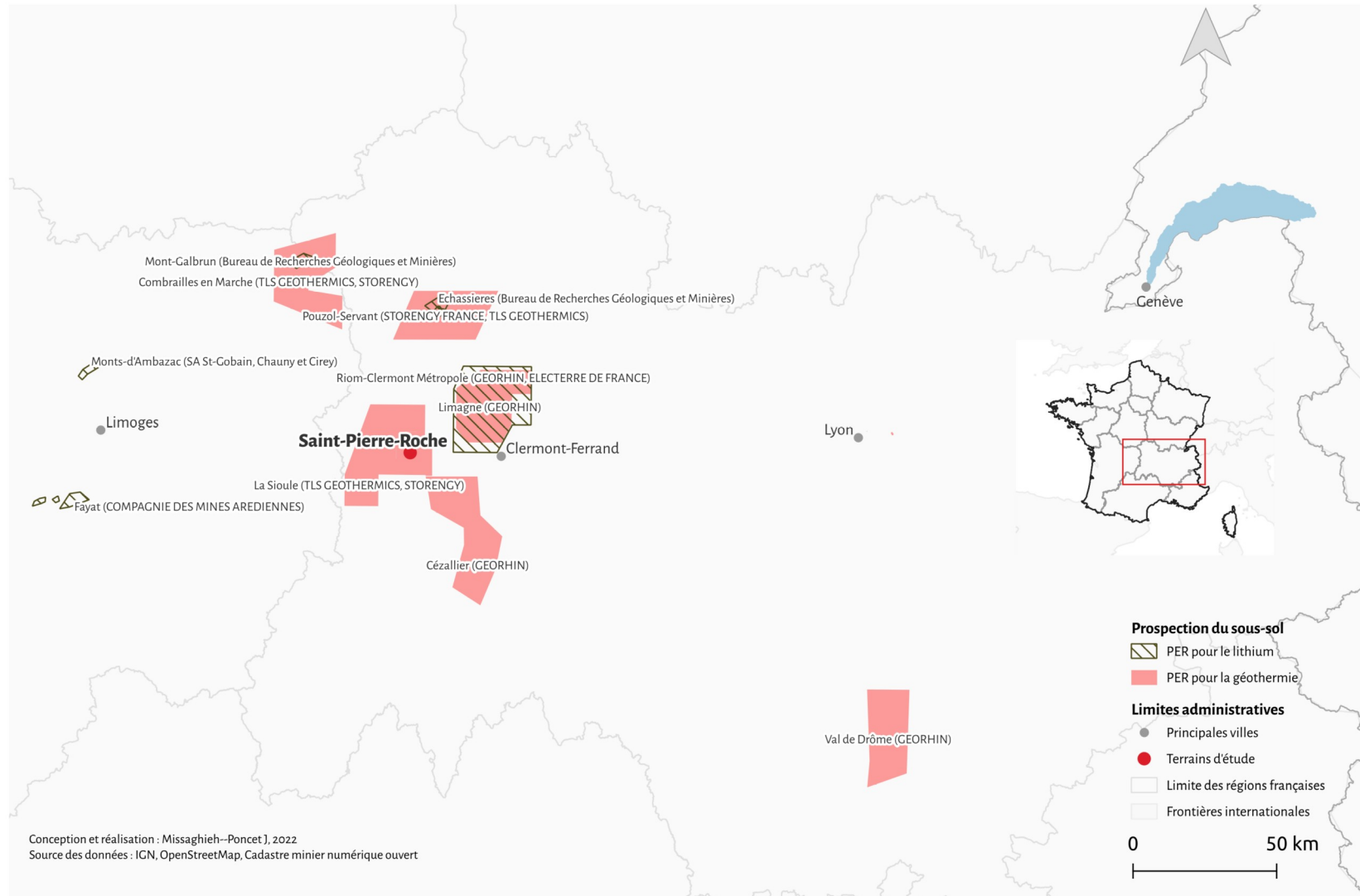


Figure 13: Carte de localisation de Saint-Pierre-Roche

2.1.1 Un projet de géothermie électrogène, en mobilisant les failles crustales

Le projet Geopulse profite des résultats d'investigations du PER de Sioule, déposé en 2015. Selon la demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers – présentant le projet auprès de la préfecture et lors de l'enquête publique –, ce projet de géothermie reprend une infrastructure typique des projets de géothermie profonde électrogène, avec la mise en place d'un doublet de forages, ainsi qu'une valorisation du fluide géothermal à travers une production électrique, en utilisant une centrale à cycle binaire. Selon les documents de l'enquête publique, il est prévu de produire 4 à 5 MW électriques par centrale à cycle binaire – autrement dit, la production électrique pourra augmenter avec l'augmentation du nombre de puits. Ce projet est présenté comme un projet de géothermie électrogène. Si la production de chaleur est évoquée, elle est néanmoins encore en discussion :

« On pourra utiliser la chaleur résiduelle. Il y a plein de possibilités pour l'utiliser. Soit il y a des besoins, localement, et le seul besoin identifié aujourd'hui c'est sécher du foin, ce n'est pas non plus un modèle économique déterminant pour la centrale, mais ça peut être un retour direct au territoire et aux agriculteurs. [...] Ce n'est pas là-dessus que ça repose le projet, parce que c'est de l'électricité, mais à plus long terme, c'est une source de chaleur qui sera peu chère et disponible. »
(Auvergne_Industriel, bureau d'études)

La chaleur est perçue ainsi comme un sous-produit de la centrale, se cantonnant au fait qu'elle est perçue par l'opérateur comme une chaleur fatale, le cœur de la production étant la production d'électricité. Sa valorisation, si elle n'est pas exclue, n'est envisagée qu'à long terme.

La spécificité de ce projet de géothermie est qu'elle cherche une structure géologique particulière, une zone de failles crustales, permettant une certaine perméabilité du milieu, que l'entreprise TLS Geothermics vise particulièrement dans le développement de ses projets :

« Nous, on met en avant un type de gisement qu'on a intitulé « zones de failles crustales ». C'est de très grandes failles, profondément enracinées, qui peuvent générer des phénomènes de convection, et donc des anomalies géothermiques,

et donc c'est ça qu'on cherche. Sachant que nous, on met en avant l'idée que ce qu'on cherche, en fait, c'est des zones perméables. On n'est pas dans un système, comme on dit souvent, EGS, des EGS qui regroupent un certain nombre de concepts de réservoirs qui sont assez mal définis on va dire, parce que les EGS façon américaine c'est du pétrothermal, il s'agit de fracturer la roche, de créer un réservoir, alors qu'un EGS façon Électricité de Strasbourg, on acidifie un peu les failles préexistantes, mais qui ne sont peut-être pas assez, qui ne sont plus suffisamment ouvertes ou un peu scellées, « cimentées » et puis on les refait fonctionner, quoi. Donc, nous on a du mal à rentrer dans ce qualificatif d'EGS et nous ce qu'on dit, que nous, il y a des failles qui existent et qui sont déjà naturellement perméables, et qui peuvent fonctionner en systèmes hydrothermaux classiques. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

L'entreprise fait ainsi une distinction entre un modèle couramment utilisé en géothermie, l'EGS, et le modèle que développe l'industriel, celui des failles crustales. Le type de structures qu'ils recherchent est déjà faillé, permettant de faire l'économie, selon eux, d'un travail d'ingénierie pour créer ou rouvrir un système faillé. Ils s'inscrivent ainsi, par ce type de contextes géologiques, dans un modèle plus conventionnel de géothermie. Ce projet industriel est également un projet de recherche et de développement, à travers un financement Programme d'Investissement d'Avenir (PIA) de la part de l'ADEME – le projet GéoFaust –, à hauteur de 4,4 millions d'euros, afin de développer une technologie adaptée au contexte des failles crustales. Il est alors recherché la répliquabilité de ce type de projet :

« En fait, ce qu'on dit, le type de contexte et le type de zone de failles crustales que nous on cible, elle remplit un certain nombre de critères, et ces critères on peut les retrouver un peu partout dans le monde, avec des variabilités sur les encaissements, sur les natures du sous-sol, mais en gros on va les retrouver dans de nombreux endroits, et effectivement, quand nous on partira à l'étranger faire de nouvelles zones d'explorations, c'est sur ce concept, c'est celui qu'on va mettre en avant et privilégier dans nos prises de permis, etc., parce qu'on pense qu'il est beaucoup plus remplaçable que ce qui peut être fait par exemple à côté de Strasbourg, en Alsace. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

« Il y a un caractère très innovant sur ce site-là, ce qu'on propose, dans des zones de failles crustales et donc on a été lauréat du PIA. Et donc ça permet de partager une partie du risque [...] du premier puits, au côté des industriels. Mais en cas de succès, on remboursera, ce n'est pas une subvention. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

Cette répliquabilité s'inscrit dans une logique de l'entreprise d'étendre son développement à d'autres sites, notamment à l'international. Cette aide, remboursable en cas de succès, permet pour l'industriel de réduire les risques « géologiques », c'est-à-dire liés à l'incertitude de l'exploration, ainsi que de montrer la viabilité d'un pilote, et donc la crédibilité de la solution proposée pour un développement industriel à plus grande échelle.

Le projet de Saint-Pierre-Roche va user du truchement de la technique, afin de viser un contexte géologique particulier, mais répandu – les failles crustales –, et l'entreprise souhaite se développer à l'international, en cherchant des contextes géologiques similaires. Ce projet ambitionne une production électrique, avec une potentielle valorisation de la chaleur, et bénéficie d'un soutien financier au titre de la recherche et du développement.

2.1.2 Un projet qui génère localement une opposition ?

Ce projet a été présenté lors d'une enquête publique, entre le 22 février et le 25 mars 2021. À cette occasion, des riverains et des associations environnementalistes ont pu exprimer leur avis. Il a été mis en place un collectif, *via* une page Facebook – Collectif Projet Centrale de Géothermie Profonde à Saint-Pierre-Roche –, qui s'est constituée en association par la suite – l'Association des citoyens responsables des Volcans. Cette association est essentiellement composée de riverains, et cherche à mener un recours administratif contre le projet.

Les principaux griefs contre le projet portaient sur des questions paysagères, et notamment vis-à-vis de la proximité de la commune avec l'aire classée par l'UNESCO de la chaîne des Puys, la question environnementale – notamment en arguant la crainte de destruction d'espèces protégées, comme la pie-grièche grise, la loutre, le milan royal ou des espèces de chauve-souris –, s'opposant aux nuisances des travaux – notamment le bruit, et les craintes de pollution de l'eau, notamment de la rivière de la Miouze. De

plus, l'argument sismique ressort, mais à travers une évocation des séismes strasbourgeois. Finalement, une crainte partagée au sein de l'association est la possibilité – démentie par l'industriel – d'exploitation du lithium. Nous nous attarderons plus en détail sur l'argumentaire contre ce projet au sein du chapitre 6.

Analyse de presse

Le corpus de presse concernant Saint-Pierre-Roche est constitué de trente articles, publiés entre 2017 et 2022.

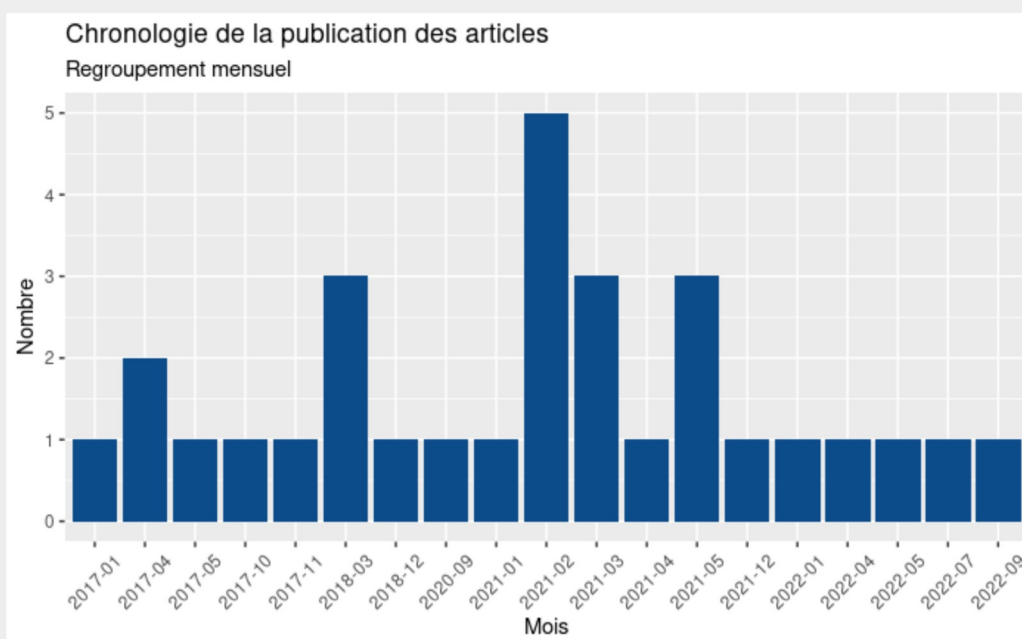


Figure 14: Médiatisation du projet de Saint-Pierre-Roche

Les premiers articles, en 2017, traitent des campagnes de prospection de l'industriel, dans le cadre de son permis exclusif de recherche. Si, initialement, cela concerne le PER des Combrailles – à l'ouest de notre terrain d'étude –, le PER de la Sioule est signé en novembre 2017. Après une relative accalmie, le projet est à nouveau médiatisé en janvier 2021, lors du début de l'enquête publique, et en avril 2021, lors de la clôture de l'enquête publique. C'est à ce moment-là qu'est médiatisée l'opposition par les populations. Par la suite, il est évoqué l'avancé des travaux, et une levée de fonds par l'entreprise porteuse de projets.

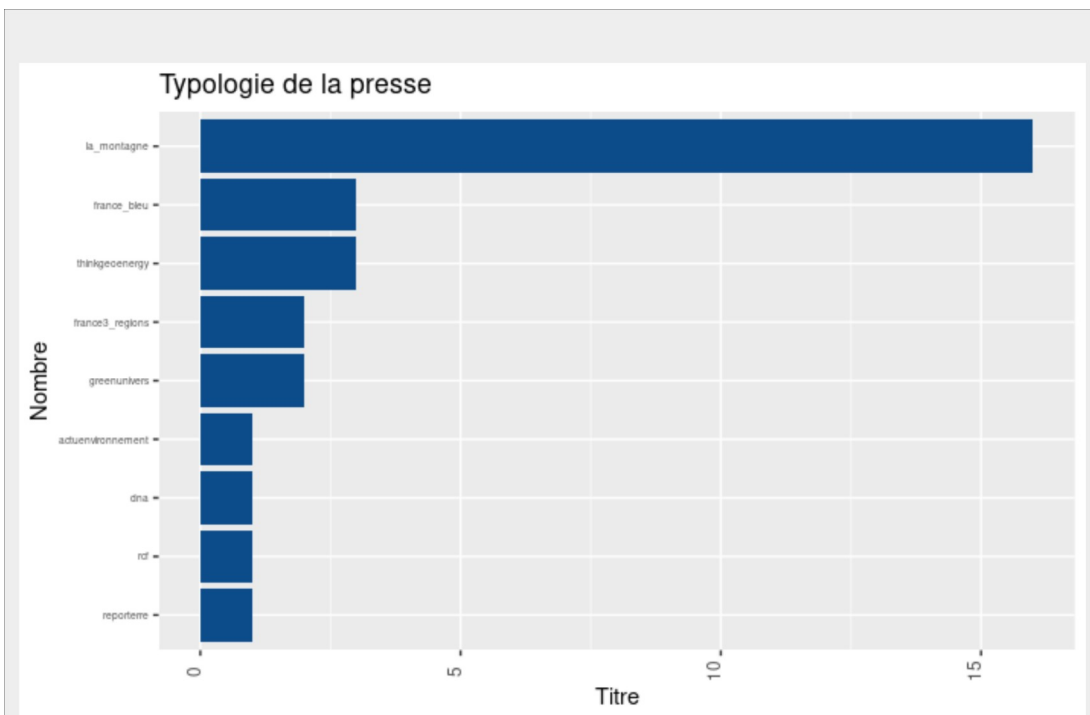


Figure 15: Typologie des journaux pour le projet de Saint-Pierre-Roche

Le projet de Saint-Pierre-Roche connaît une médiatisation essentiellement locale, à travers les médias régionaux – la Montagne, France Bleu, France3 Régions. Cependant, elle est également évoquée au sein de la presse spécialisée en géothermie (Think GeoEnergy). Elle est également, dans une moindre mesure, évoquée dans la presse « professionnelle et économique », avec GreenUnivers évoquant la levée de fonds du porteur de projet. Reporterre, en tant que média environnementaliste de sensibilité altermondialiste, a consacré, quant à lui un article sur la contestation du projet.



Le projet de Géopulse est intéressant à plusieurs titres. Premièrement, il matérialise une extension de la géothermie en ciblant un contexte géologique spécifique, les failles crustales. Cette configuration est relativement courante, et une maîtrise technologique permettrait ainsi un déploiement à grande échelle. Deuxièmement, il est intéressant de voir comment un petit acteur – un bureau d'études – tisse des alliances avec le secteur académique – pour financer la recherche et le développement – et des acteurs industriels historiques pour permettre le déploiement de ses projets. Finalement, il est intéressant de voir l'opposition générée par ce projet. En effet, si l'argument sismique ressort – notamment en comparaison avec les événements sismiques strasbourgeois –,

il est intéressant de voir que les impacts immédiats – supposés ou réels – du projet concernent l'environnement immédiat, invoquant des questions paysagères, de biodiversité ou de la protection des milieux aquatiques.

2.2. La géothermie en Alsace : un territoire où la géothermie est prépondérante

L'Alsace, et notamment le Bas-Rhin, présente plusieurs projets de géothermie (voir carte n°16). Si les projets de Rittershoffen ou de Soultz-sous-Forêts sont anciens et mis en œuvre, de nombreux acteurs ont mis en place des permis de recherche afin de développer des projets de géothermie et/ou de valorisation de lithium à partir des fluides géothermaux. Citons notamment Géorhin (anciennement Fonroche), Électricité de Strasbourg, ou Lithium de France.

D'un point de vue géologique, nous sommes, dans le nord de l'Alsace, dans un contexte de socle granitique fracturé, où circule de l'eau :

« À Soultz finalement, ils se sont rendu compte qu'à l'interface entre le socle granitique et les sédiments, le milieu était assez fracturé et que ça circulait bien et qu'on peut faire circuler. Après, ils ont encore été un peu plus loin dans le principe, et maintenant, quasiment, ils ciblent les grosses failles pour faire circuler les fluides. Donc, ils font de la géophysique avant, des modèles du sous-sol, et après ils ciblent de grosses failles et dans ces grosses failles ils essayent de faire circuler les fluides. Évidemment, c'est bien pour faire circuler, ça circule mieux, bon après, sur le long terme, la stabilité de la faille est toujours à questionner. » (Strasbourg_EOST1, directeur de recherche)

« Sur l'Alsace, on est sur un contexte un peu différent, c'est que les anomalies de températures sont beaucoup plus importantes, et à des profondeurs autour de 2000-3000 mètres de profondeur, et des températures relativement élevées autour de 200 °C, et ces températures permettent finalement de produire de l'électricité. » (TFR_BRGM1, ingénieure)

« On est plus dans un bassin sédimentaire avec une couche géologique qui contient de la matière matricielle, c'est-à-dire à l'intérieur de cette couche qui contient cette saumure chaude, on est plutôt dans un réseau de fractures naturelles. Il faut savoir que le fossé rhénan c'était un *rifting* avorté, donc il y avait une mer qui était en création du côté de l'Alsace, il y a plusieurs millions d'années, qui ont été avortés, et qui nous a laissé son vestige, à savoir ce fossé d'effondrement. Et qui est fracturé sur ces 200 kilomètres d'extension. Et au sein de ces fractures, qui sont relativement profondes, elles touchent les couches géologiques du mu-

schelkalk jusqu'au granit, donc au socle granitique, et on a découvert par les projets de Soultz-sous-Forêts, qu'effectivement, il y avait une saumure naturellement présente et naturellement chaude et enrichie en lithium. » (Strasbourg_Arverne, responsable du développement)

« C'est un bassin d'effondrement. Mais en fait, il y a des unités géologiques dites sédimentaires. Mais, on dit... on peut dire que ce n'est pas sédimentaire, parce, qu'ils traversent le sédimentaire et certains opérateurs vont à la base du sédimentaire et vont au socle, type granitique, on voit dans les montagnes anciennes, type Massif central, Vosges, où la partie est érodée, ou en tout cas, est émergée, où il n'y a pas eu en fait de sédiments qui sont venus recouvrir et *stricto sensu*, la plaine d'Alsace, c'est des sédiments en fait. » (TFR_DGEC2, chef de projet au ministère de la Transition écologique)

L'Alsace, et notamment le Fossé rhénan, est un contexte géologique particulier. Nous avons à la surface un bassin d'effondrement – et donc en présence d'une couche sédimentaire, à l'instar du Bassin parisien et aquitain –, et en dessous un socle granitique fracturé. Les géothermiciens vont aller chercher la saumure, qui circule au sein des fractures à l'interface de la couche sédimentaire et le socle granitique, pour produire de la chaleur. Ainsi, ce contexte géologique présente une « anomalie thermique », présentant un certain intérêt dans le développement de la géothermie.

Usages du sous-sol en Nord-Alsace

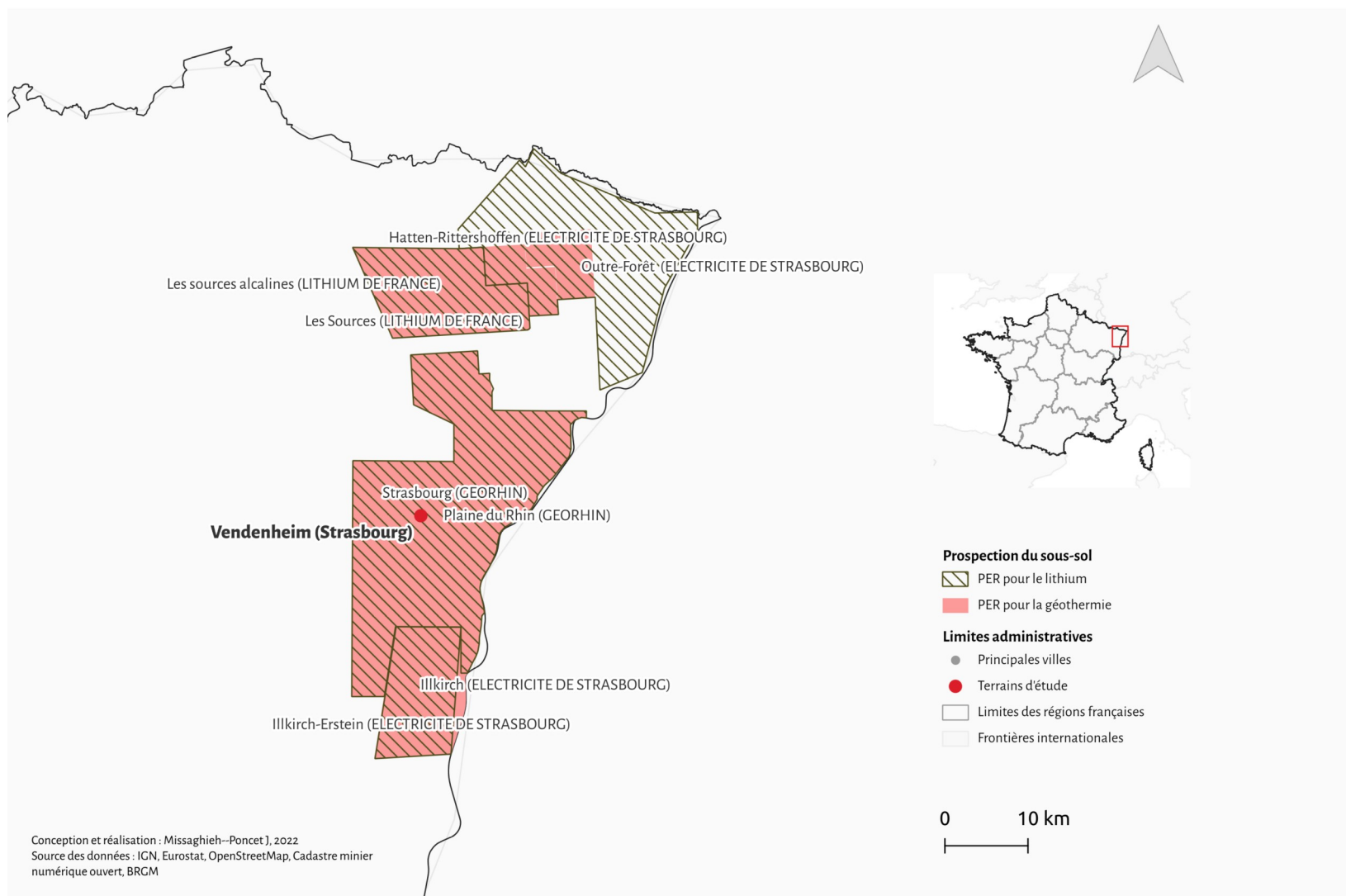


Figure 16: Les projets de géothermie en Alsace

2.2.1 L'Alsace, un territoire avec une trajectoire sociotechnique ancienne

Le développement de la géothermie en Alsace remonte au développement du projet de Soultz-sous-Forêts. Ce projet – comme nous l'avons pu le développer dans le chapitre précédent – a permis une collaboration scientifique européenne dans le développement de la géothermie améliorée. Ce projet scientifique, remontant à 1986, a été transformé en centrale commerciale en 2016 – la première centrale EGS électrogène au monde à avoir un usage industriel –, avec une gestion confiée à Électricité de Strasbourg Géothermie. Cette centrale joue ainsi le rôle de vitrine technologique :

« Des étudiants, des assos, des académiques, des sociétés savantes, des politiques. Et donc moi, j'étais à Soultz de 2007 à 2013, on avait à peu près 4000 visiteurs par an. [...] On faisait visiter Soultz, et puis après on a fait Rittershoffen. [...] Mais on a été très ouverts pour montrer notre technologie, on a organisé des portes ouvertes, du patrimoine, donc on avait beaucoup de visites. [...] Donc, on a publié, et, en accord avec la mairie de Soultz et Kutzenhausen, qui sont les deux villages qui touchent la centrale de Soultz, donc on a mis un certain nombre d'actions de communication locale, assez fortes. Et pendant presque tous les deux ans, on organisait une conférence à Soultz aussi. Bon, c'était plutôt ouvert à des étrangers, au sens, pas des populations locales, mais aux gens de la géothermie, *worldwide*, c'était en anglais. Il y avait des Coréens, des Anglais... on invitait bien sûr les maires de toutes les communes du coin, notamment la première journée, qu'ils viennent voir les travaux. Mais cette conférence avait lieu à Soultz même. [...] Donc ça, c'était les points de communication un peu locale, qui sont liés aux territoires du nord. » (Strasbourg_ES, directeur général adjoint)

Le projet de Soultz, à travers l'organisation de visites et d'événements, attirant un public international – certes composé d'industriels et de scientifiques –, joue ainsi un rôle de vitrine technologique, et participe à l'association de la géothermie avec le territoire alsacien.

Ce projet de géothermie inspire un industriel, Roquette Frères, qui souhaite fournir en chaleur ses usines de transformation d'amidon. En 2005, l'industriel lance le projet, en s'appuyant sur l'expertise technique d'Électricité de Strasbourg, afin de construire une centrale à Rittershoffen, dans le Bas-Rhin, et qui sera inaugurée en 2016, après une phase de forages entre 2010 et 2014, afin de construire des puits allant à 2500 mètres

de profondeur, afin d'aller capter un fluide à 165 °C, pour produire 24MWth⁶⁵. Ce projet de géothermie, se concentrant uniquement sur un usage chaleur est présenté comme un succès dans la presse, étant l'un des premiers projets EGS conçus pour une utilisation directement industrielle, sans passer par une phase de développement scientifique, comme à Soultz.

Ces deux projets, les deux seuls projets effectifs en Alsace, sont gérés techniquement par Électricité de Strasbourg, mais appartiennent à d'autres entreprises :

« Donc nous, nous avons des contrats d'exploitation, nous ne sommes pas propriétaires des centrales, mais nous avons de l'expertise technique et scientifique et on a une partie du staff qui est sur les sites et qui exploite ces centrales, pour vendre soit de l'électricité, soit de la chaleur, à des clients finaux qui sont derrière. Donc, c'est ce qui est important à voir, c'est que nous, c'est nous, nous ne sommes pas propriétaires, on est des gens qui opèrent les centrales. [...] En fait, les propriétaires, ce sont souvent ce qu'on appelle des *joint ventures*, des JV. Par exemple Soultz, il y a deux actionnaires derrière, il y a un GEIE européen, qui s'appelle le GEIE exploitation minière de la chaleur, et derrière il y a ÉS, notre maison-mère, qui est à 67 % actionnaire, et une compagnie allemande qui s'appelle EnBW, Energie Baden-Württemberg, qui est basée à Karlsruhe. [...] Et pour Rittershoffen, l'autre centrale, il y a une autre structure, qui s'appelle Ecogi, c'est aussi une *joint venture*, et là, ce sont trois acteurs français : 40 % ÉS, notre maison-mère ; 40 % Roquette, c'est la compagnie à qui on vend l'électricité, elle est elle-même actionnaire de la compagnie de géothermie, vend la chaleur pardon ; et 20 % de la Caisse des dépôts, maintenant la Banque des territoires, donc qui est un organisme public. » (Strasbourg_ES, directeur général adjoint)

Ces projets donnent ainsi une expertise technique importante à une entreprise locale – Électricité de Strasbourg – sur ces thématiques.

Cet héritage sociotechnique n'est pas le seul élément qui ancre la géothermie sur le territoire alsacien. En effet, dans les années 2010 est mise en place une politique de recherche scientifique sur ce domaine :

« En fait, dans les années 2012, c'était un appel à projets national, sur les Investissements d'avenir [...] Et ils ont créé des LabEx. Donc il y a une centaine de Labex qui ont été créés en France, sur des thématiques très diverses, et nous à l'EOST, [nous avons] porté un projet autour de la géothermie profonde. Qui s'appelait Labex « Ge-eau-thermie profonde », et en même temps il a négocié, discuté avec

65 AFPG. *Centrale de géothermie haute température Rittershoffen* [en ligne]. 2015. Disponible à l'adresse: <http://www.afpg.asso.fr/wp-content/uploads/2015/04/Ecogi-67.pdf>.

ÉS Géothermie, un accord de partenariat qu'on a appelé le Co-G-Eost, qui a duré huit ans. Et pendant huit ans on a eu le LabEx et le Co-G-Eost. Et c'est avec ça qu'on a beaucoup travaillé au niveau recherche. [...] Et le Labex s'est terminé le 31 décembre, et en fait, l'université de Strasbourg a transformé un certain nombre de Labex en ITI, c'est des instituts thématiques interdisciplinaires, et donc le labex Ge-eau-thermie est devenu un ITI G-eau-TE [...]. Donc ça, c'est en fait des structures académiques, des grands projets académiques. » (Strasbourg_EOST2, directeur de recherche)

En 2012, le gouvernement français, dans le cadre d'une politique scientifique de structuration de la recherche autour de pôles thématiques, met en place des financements dédiés. EOST a porté un projet de laboratoire, ainsi que de chaire industrielle, autour de la question de la géothermie profonde. Cette chaire est alors présentée comme une collaboration avec un industriel local, qui a réalisé plusieurs projets en Alsace. Ainsi, la géothermie, en plus d'être présente à travers des projets industriels, est également un marqueur de spécialisation scientifique régionale à travers la mise en place de cette chaire.

La géothermie profonde marque également les politiques publiques locales. En effet, dans le plan climat de l'Eurométropole de Strasbourg – *Stratégie plan climat 2030*, publié en 2019 –, la géothermie est présente au sein du mix énergétique souhaité par l'agglomération. Dans ce document de planification, la métropole souhaite mettre en œuvre, dans le cadre de son schéma directeur des énergies, un mix énergétique entièrement constitué d'énergies renouvelables à l'horizon 2050. Au sein de ce mix, la géothermie profonde représente 11 %, contre 25 % pour l'hydroélectricité, 20 % chacun pour la biomasse et le solaire, 12 % pour la chaleur fatale, et 9 % des pompes à chaleur. Il y a une ambition de produire la moitié des consommations du territoire. La géothermie profonde décrite comme « *ressource locale d'énergie renouvelable totalement décarbonée, compétitive et non intermittente* » (p. 109 de sa *Stratégie plan climat 2030*) se manifeste à travers la fourniture électrique, ainsi qu'une récupération de la chaleur fatale, mobilisée au sein d'un réseau de chaleur urbain. Le plan compte alors sur le développement de deux pro-

jets, l'un par Fonroche sur la commune de Vendenheim, et un autre à Illkirch-Graffenstaden, par ES-Géothermie.

Cet entretien, à propos de la centrale d'Illkirch-Graffenstaden, nous apprend un peu mieux le rôle de de cette dernière, tel que planifié initialement :

« La vocation première d'Illkirch, c'était d'alimenter un réseau de chaleur, qui devait se construire autour d'Illkirch, donc en gros, Électricité de Strasbourg faisait la centrale de géothermie et la ville d'Illkirch, avec l'Eurométropole qui faisait le réseau de chaleur. Et ça, c'était la vocation première d'Illkirch, c'était d'aller alimenter la population en chaleur. Après, alimenter en chaleur, avec un réseau de chaleur, ça fait que la centrale de géothermie, n'était utilisée qu'une partie du temps, parce que c'est saisonnier, le besoin en chaleur. Alors que la géothermie, c'est une énergie qui est constante dans le temps, donc ça faisait quand même une grande « perte » d'énergie, si on ne valorisait pas en dehors des périodes où le réseau de chaleur avait des besoins. C'est pour ça que dans ce cadre-là, il était prévu de faire aussi de l'électricité, pour qu'en gros, la priorité fût donnée au réseau de chaleur, et le surplus d'énergie était turbiné pour faire de l'électricité. [...] En intersaison, il y aurait eu les deux en parallèle [...] avec les débits auraient été à côté, l'un d'un côté, l'autre de l'autre en fonction des besoins, mais piloté par le besoin en chaleur, en fait. [...] Donc c'est vraiment un système qui est souple. »
(Strasbourg_ES, directeur général adjoint)

Contrairement à d'autres projets, et notamment celui de Pau dont nous verrons par la suite les caractéristiques, la production prioritaire d'Illkirch était la fourniture de chaleur pour le réseau de chaleur urbain, tandis que le surplus de production devait servir à la génération d'électricité, notamment durant l'intersaison et en période estivale, où les besoins en chauffage sont plus réduits, témoignant d'un modèle économique différent.

De ce fait, la géothermie profonde fait partie de la trajectoire sociotechnique alsacienne. D'abord présente à travers la mise en place de projets scientifiques – avec le projet de pilote à Soultz –, puis industriels – avec l'industrialisation de la centrale Soultz et la mise en place de la centrale de Rittershoffen –, puis à nouveau scientifiques, avec la mise en place d'une collaboration entre des structures académiques et industrielles. Finalement, la géothermie était également présente au sein des poli-

tiques énergétiques locales, où elle est notamment intégrée dans le cadre du réseau de chaleur urbain, et s'insère dans un discours de production locale d'électricité.

2.2.2 La centrale de Vendenheim : de la mise en place du projet à Port-aux-Pétroles à l'arrêt administratif du projet

La volonté pour Fonroche de développer dans la région de Strasbourg est assez ancienne. Après le dépôt du PER « Strasbourg », octroyé en 2013, et regroupant une partie du nord de l'agglomération strasbourgeoise – 573 km² –, l'entreprise a cherché à développer plusieurs centrales.

En effet, Fonroche avait prévu initialement, en 2014, de développer un projet de géothermie électrogène dans le quartier de Port-au-Pétroles, une zone industrielle au nord-est de la ville, se trouvant à proximité du quartier résidentiel et cossu de la Robertsau, et proche de la frontière franco-allemande. Ce projet de centrale reprend l'approche classique d'un doublet de puits, entre 4200 mètres et 4800 mètres de profondeur, afin d'aller chercher un fluide à 150 °C, et dont l'objectif est une coproduction d'électricité et de chaleur.

Néanmoins, en 2015, à l'occasion de l'enquête publique, le projet connaît une opposition de la part des riverains. Cette enquête reçut 891 observations, dont 15 % (135) en français et 85 % (756) en allemand. Dans l'ensemble, le projet était défavorable (pour le public français, trois favorables, trois favorables avec réserve et le reste étant défavorable, le public allemand étant à l'unanimité défavorable). Les principaux arguments contre le projet portaient sur le lieu de localisation – un ancien site de stockage pétrolier –, des craintes sur la sismicité, sur la pollution des sols et de la nappe phréatique, le manque d'information du public et des doutes sur les capacités de l'industriel à mener le projet.

Un militant d'une association opposante au projet raconte, avec le recul, les mobilisations contre le projet :

« Il y a eu un premier projet, en 2014 environ [...] d'un forage géothermique au milieu du Port-du-Rhin, au milieu du Port-aux-Pétroles de Strasbourg. Le Port-aux-Pétroles jouxte le quartier de la Robertsau. Il est d'ailleurs dans le quartier, à la limite entre le quartier et le Rhin. [...] À ce moment-là, faire un forage de ce type au milieu d'un Port-aux-Pétroles, il y a 500 000 tonnes de produits pétroliers [...] Donc on a milité, on a fait des réunions publiques, pour informer le public ce que c'était la géothermie profonde, parce qu'à l'époque personne ne savait ce que c'était. [...] Il y a d'autres associations qui se sont jointes à nous et en fin de compte, on a fait une réunion publique, à la veille des élections cantonales de 2015, où on a invité l'ensemble des candidats aux élections cantonales. [...] Fonroche a abandonné parce que la ville était contre, les habitants étaient contre. Bon, il y a eu un tas de péripéties avant, bien sûr. Et la ville a proposé à Fonroche, pour compenser le site de Port-aux-Pétroles, le site de Vendenheim, l'ancienne raffinerie de pétrole. [...] Mais petit à petit, Fonroche est arrivé à convaincre, même à emballer, je dirais, des élus strasbourgeois. » (Strasbourg_Association3, représentant d'une association de riverains)

Le projet de Fonroche à Port-aux-Pétroles a suscité de ce fait une opposition et une médiatisation à son encontre, craignant un « accident industriel » à proximité d'un quartier – La Robertsau – résidentiel et principalement habité par une population relativement aisée. Son opposition a fait déplacer le projet de Fonroche sur un autre site en 2015, situé sur la commune de Vendenheim. Dans un article publié dans Rue89 Strasbourg⁶⁶, l'entreprise pointe le manque d'acceptabilité sociale :

« Nous réfutons totalement les conclusions de l'enquête publique. La technologie que nous employons ne faisait courir aucun risque supplémentaire aux sources d'eau [...]. Mais on a besoin de sérénité pour investir 60 millions d'euros, et on constate que le port aux pétroles n'est toujours pas accepté dans sa finalité même par l'environnement local. Donc on préfère se concentrer sur nos autres projets. » (Fonroche, dans Rue89 Strasbourg)

L'entreprise, réfutant les craintes sur sa technologie, notamment sur les questions de pollution de l'eau, déplace son projet à l'ouest, sur la commune de Vendenheim. Lors de l'enquête publique pour l'autorisation de forage, en 2015, on retrouve des remarques portant sur la protection de la nappe phréatique, les questions de sismicité induite, la question de l'expérience de Fonroche sur les forages. À l'instar du projet de Port-aux-

66 FRANCE, Pierre. Géothermie: Fonroche se retire du port aux pétroles. Dans: *Rue89 Strasbourg* [en ligne]. 21 août 2015. [Consulté le 30 septembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.rue89strasbourg.com/geothermie-fonroche-se-retire-du-port-aux-petroles-91489>

Pétroles, le projet reçut un avis favorable. Ce projet de Vendenheim était le projet le plus avancé, avec la mise en route de premiers forages en 2019 et 2020. Néanmoins, elle engendra une série de séismes induits. Nous reviendrons par la suite sur les conséquences de ces séismes.

Fonroche avait également lancé des enquêtes publiques pour deux autres projets, à Eckbolsheim en 2015 et à Hurtigheim en 2016. Les critiques aux projets pointent également les questions de connaissance du sous-sol, la question de la nappe phréatique et les questions de sismicité. Si le projet d'Hurtigheim reçut un avis favorable, celui d'Eckbolsheim reçut un avis défavorable, où le commissaire-enquêteur pointait l'incertitude trop grande autour du projet. Cependant, ce projet a été par la suite autorisé par le préfet, sous condition de mettre en place un réseau de surveillance de la microsismicité (AFP, 16 octobre 2015).

Fonroche avait ainsi déployé trois projets sur la région strasbourgeoise, et qui ont connu des phases différentes de développement : Geoven, à Vendenheim, qui a connu des forages et la construction d'une centrale, GeoHurt, à Hurtigheim et Goeck, à Eckbolsheim, qui n'ont pas connu de forages. Dans ces différents projets, il est présenté l'usage de l'EGS afin de rouvrir les failles.

2.2.3 Les autres projets en Alsace : de l'électricité (ÉS) à la chaleur (Lithium de France)

Le projet de Fonroche à Vendenheim n'est pas le seul projet de géothermie en Alsace, et sur le territoire strasbourgeois. Dans le sud de Strasbourg, sur la commune d'Illkirch-Graffenstaden se trouve le projet d'Électricité de Strasbourg :

« Illkirch, je vais dire des choses qui ne sont pas souvent dites, parce qu'on les oublie souvent un peu. Illkirch, c'est un projet qui a été fait à l'initiative de la ville d'Illkirch. ÉS a commencé, je crois, en 2009 [...], où la ville d'Illkirch nous a mandatés pour faire une étude un peu d'opportunité autour de la géothermie profonde, et c'est à partir de ce moment-là qu'on est rentrés dans le projet, on a fait cette étude pour la ville, et puis après, la ville elle-même ne pouvait pas porter le projet, puisqu'il faut, comment dire, demander des permis miniers, il faut avoir

des capitaux, faire des investissements, etc. Donc c'est Électricité de Strasbourg, à ce moment-là, qui a décidé de développer le projet. Et à ce titre-là, on a fait un certain nombre de campagnes d'exploration. Donc on a d'abord demandé le permis [...]. On a obtenu, je crois, que ce fût en 2013 si je ne dis pas de bêtises [...] 2013 ou 2014, dans ces eaux-là. Ensuite, on a fait un certain nombre de campagnes d'exploration. [...] Donc on a fait toutes ces études, on a acquis toutes ces données, qui nous a permis d'établir un modèle à la fois conceptuel et 3D structurale du site, pour qu'on puisse déterminer finalement le meilleur endroit où aller forer. Et on a fait, du coup, redemander des autorisations pour ces forages, donc ça, c'est arrivé assez vite. Comme c'est des processus assez longs, on savait à peu près dans quelle zone on allait aller, même si on n'avait pas encore la trajectoire définitive. Donc je pense qu'on avait posé les dossiers de forage en 2014. Après, ça permet en parallèle, on fait... on a fini l'exploration et la trajectoire finale, et du coup, on a foré en 2018, et ça a duré un an. On a fait le forage au bout d'un an, et on l'a testé, on l'a stimulé. Et puis, en fait, le projet a été suspendu, parce que du côté de Fonroche, il y a eu des évènements sismiques ressentis, et à ce moment-là, la préfecture a gelé tous les projets de forage autour de Strasbourg.» (Strasbourg_ES, directeur général adjoint)

Le projet d'Illkirch, contemporain de celui de Vendenheim, s'inscrit dans la politique de transition énergétique de l'Eurométropole de Strasbourg. Ce projet remonte au début des années 2010. Après une phase exploratoire allant de 2014 à 2018, les premiers forages ont lieu en 2018. Entre 2018 et 2020 ont eu lieu une série de tests. Néanmoins, en 2020, la préfecture a gelé les projets de géothermie dans la région de Strasbourg, à suite de séismes induits déclenchés par l'entreprise Fonroche, mettant en pause le projet d'Illkirch-Graffenstaden.

Arverne Géothermie, aussi connue sous le nom de Lithium de France, s'est également positionnée dans le développement de la géothermie en Alsace. Si ses PER sont plus récents – remontant à 2022, contre 2013 pour Fonroche et Électricité de Strasbourg, et donc postérieurs aux séismes –, ils témoignent d'un changement de stratégie à la suite des séismes induits, en se concentrant sur une stratégie de production de chaleur, voire d'extraction de lithium. Nous aborderons plus en détail ces changements de modèle au sein du chapitre 7.



La géothermie, dans le Fossé rhénan et au sein du Massif central, se fait au sein d'un contexte faillé, où l'eau circule au sein d'un réseau de failles. Il en résulte la mise en place de technologies particulières. Si, en Auvergne, TLS Geothermics souhaite développer une géothermie sur « failles crustales » en développant une technologie propre, en Alsace, il est utilisé un système EGS, afin de rouvrir les failles. Les trajectoires socio-techniques des différents terrains sont également différentes. Si, en Auvergne, le projet de géothermie est nouveau, l'Alsace connaît une trajectoire sociotechnique ancienne de la géothermie – remontant au projet de Soultz –, avec une intégration au sein d'un tissu institutionnel, scientifique et industriel. Cependant, dans les différents terrains, la géothermie fait l'objet de critiques – pour des raisons paysagères et de biodiversité en Auvergne, pour des raisons de pollutions et de sismicité en Alsace.

Ces différents projets s'inscrivent ainsi au sein d'un contexte géologique particulier, dont le développement technique cherche à s'adapter au plus près de la réalité géologique. Nous sommes dans une configuration de géothermie dépendante du sous-sol, où les choix sont influencés – voire guidés – par ce dernier. Néanmoins, d'autres projets ont cherché à s'émanciper des contraintes du sous-sol, afin de s'adapter aux besoins de surface.

3. La promesse d'une géothermie indépendante de la configuration du sous-sol

Si des projets cherchent à développer la géothermie dans des contextes particuliers – adaptant les puits en conséquence –, d'autres projets s'inscrivent dans une logique de géothermie orientée selon les besoins de la surface. Ainsi, une stratégie industrielle est de développer un modèle de puits « universel » qui puisse être répliqué dans différents contextes géologiques. C'est notamment le cas pour les deux exemples que nous présenterons dans cette partie.

3.1. Pau : la promesse d'un puits universel

La région de Pau a un usage du sous-sol, avec une extraction d'hydrocarbures depuis les années 1950. En 2013, la société Fonroche dépose le PER « Pau-Tarbes », afin de développer un projet de géothermie (voir carte n°17, p. 237).

3.1.1 La région de Pau : une trajectoire sociotechnique ancienne centrée sur le sous-sol

La trajectoire sociotechnique du sous-sol à Pau est intimement liée à celle du bassin de Lacq (Poinsot 1996). En 1951, la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine (SNPA) découvre du gaz à Lacq, avec une mise en service en 1957. On se retrouve dans un contexte où, comme à Parentis, l'État français cherche à assurer une sécurité des approvisionnements en hydrocarbures. Cela a donné lieu à des stratégies industrielles interdépendantes entre la production chimique – à travers la fabrication d'aluminium avec Aquitaine Chimie – et pétrolière – avec des activités de raffinage, stockage de soufres et d'hydrocarbures, fabrication de polyéthylène. Cette activité nécessitant une main-d'œuvre importante – 3500 personnes –, s'inscrivant dans un contexte rural d'exploitations agricoles de taille modeste et de polyculture, est vue comme une opportunité d'emplois, tout en bénéficiant des redevances de l'industrie (Poinsot 1996). Les années 1960-1985 marquent une maturation et une internationalisation des stratégies industrielles, conduisant à une mutation des relations entre la SNPA et le bassin de Lacq (Gilly, Leroux 2005). Dans les années 1970, le programme nucléaire change la vocation industrielle, passant d'une logique de fournisseur d'énergie – le gaz –, à une logique de fournisseur de matières premières, modifiant les relations entre les entreprises de la chimie, créant des industriels d'envergure nationale, comme la SOBEGI pour la chimie fine ou Stendhal-Sanofi pour les cosmétiques, ou l'usine Péchiney d'aluminium qui se reconvertit dans la fabrication de fibres de carbone, avec Péchiney Elf Toray (Poinsot 1996). La reconversion du bassin est également rendue possible à travers une mobilisation d'institutions locales (Conseil départemental, Chambre de commerce et de l'In-

dustrie de Pau), à côté d'Elf Aquitaine (qui reprend les activités de la SNPA), et grâce à une interconnexion des liens sociaux des cadres de cette entreprise et des élus locaux – pouvant être parfois les mêmes personnes (Gilly, Leroux 2005). Les années 1990 sont marquées par une crise locale, à travers la privatisation d'Elf-Aquitaine – suppression des emplois et menace d'un désengagement étatique –, conduisant à une coordination entre les syndicats, les collectivités territoriales, puis avec l'aide de l'État, pour créer un « Pôle Environnement », notamment autour de la chimie fine (Gilly, Leroux 2005). La programmation, en 2013, de la fin de l'exploitation du gisement de Lacq a pour conséquence la construction d'un enjeu économique local à garder un tissu industriel, afin de conserver ses emplois, à travers une reconversion du bassin de Lacq⁶⁷. Ainsi, cette trajectoire de l'exploitation du sous-sol a généré autour de Pau tout un écosystème sur la question du sous-sol, avec le développement d'un pôle de compétitivité sur cette question – le Pôle Avenia –, le développement de collaborations académiques entre l'université de Pau et des Pays de l'Adour et des industriels, le développement d'une zone industrielle à Lons – Induspal –, ou la mise en place d'une technopole, Hélioparc. De ce fait, l'histoire de l'exploitation gazière à Lacq explique la spécialisation actuelle de nombreux acteurs palois sur ces questions.

67 Voir à ce propos la thèse d'Anna Lille, à l'université de Pau et des Pays de l'Adour, en cours de rédaction au moment où cette thèse est elle aussi en train d'être rédigée.

Usages du sous-sol dans la région de Pau

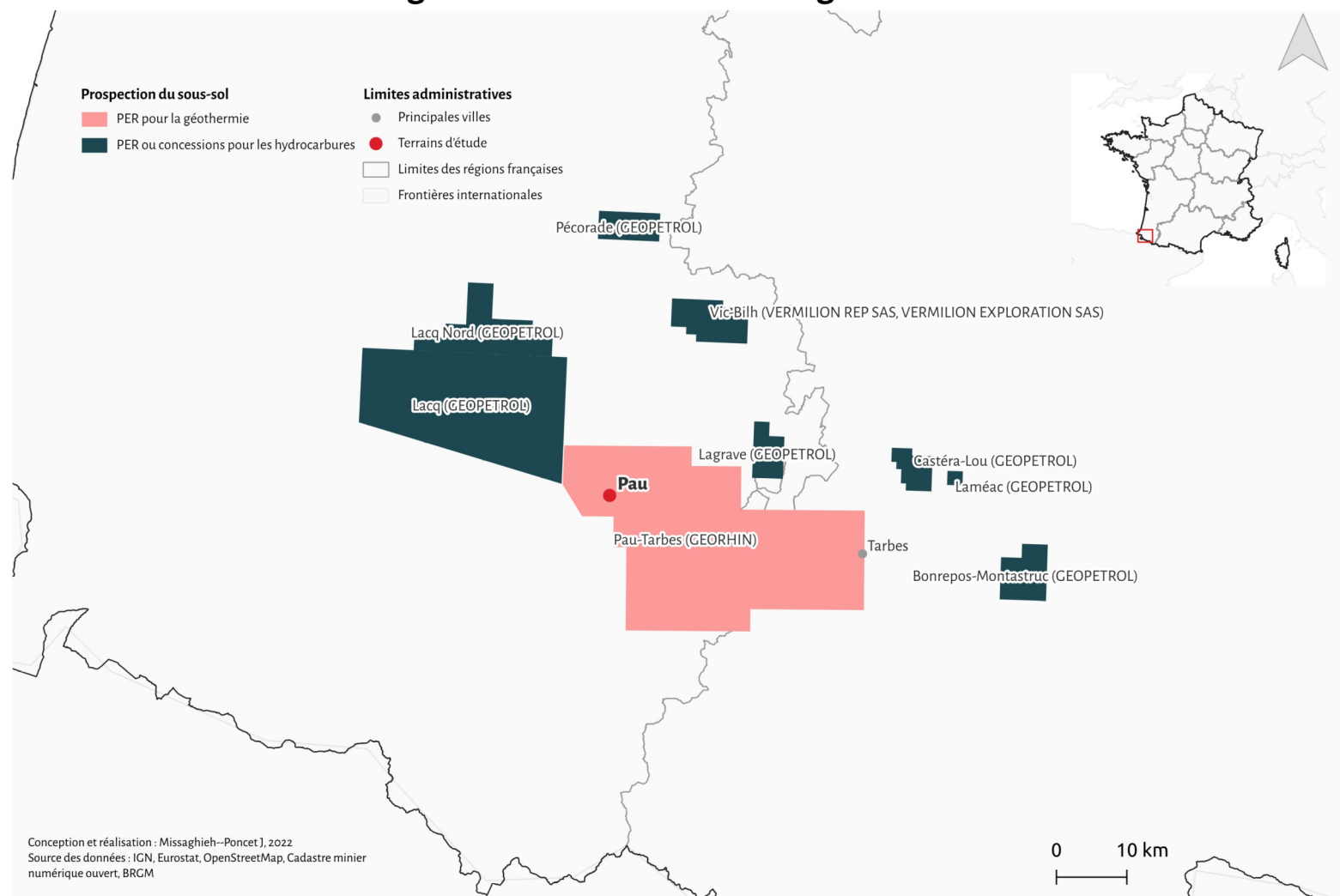


Figure 17: Usage du sous-sol dans la région de Pau

3.1.2 Les prémices du développement de la géothermie à Pau

La question de la géothermie à Pau est relativement ancienne. En effet, la prospection du sous-sol par la SNPA a fait connaître des sources d'eau chaude, comme celle de Lons connue dès 1965 à 6 000 mètres de profondeur. Ces dernières furent abandonnées, faute de pouvoir produire du gaz ou du pétrole. L'ancien maire de Pau (1971-2006), André Labarrère, souhaitait développer un établissement de thermoludisme, qui n'a pas abouti⁶⁸. En 2008, l'université souhaitait chauffer par géothermie et avait demandé une pré-étude de faisabilité au BRGM⁶⁹. De même, la ville de Lons, à l'ouest de Pau, souhaitait utiliser une source d'eau chaude pour alimenter un futur écoquartier⁷⁰.

En 2010, la municipalité de Pau étudie la possibilité d'un réseau de chaleur, alimentant l'université et un quartier à proximité, le quartier de Saragosse⁷¹. Il y a eu à Pau deux dynamiques convergentes, l'une autour de l'alimentation⁷² d'un projet de réseau de chaleur, et l'autre autour d'un projet d'un industriel Fonroche. En 2012, Fonroche annonce s'installer à Pau, et développer un projet de géothermie électrogène, en proposant de réinjecter la chaleur fatale au sein du réseau de chaleur urbain :

« En 2015, nous étudions la possibilité de faire un réseau de chaleur principalement sur la zone UPPA et quartier Saragosse. C'est un projet qui datait d'avant, depuis quasiment 2010, il y avait une première étude qui avait été faite concernant uniquement l'UPPA et Saragosse et en fin 2014, on va dire, il y avait eu une contre-expertise demandée par la nouvelle municipalité [...]. Donc on a relancé

68 NICOMETTE, Jean-Jacques. L'eau chaude du sous-sol qui change la vie à Lons. *Sud-Ouest* [en ligne]. 21 juillet 2012. [Consulté le 3 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.sudouest.fr/pyrenees-atlantiques/lons/l-eau-chaude-du-sous-sol-qui-change-la-vie-a-lons-9204215.php>

69 P. DURST, J.P. PLATEL, et N. MONNEYRON. *Université de Pau et des Pays de l'Adour Etude de pré-faisabilité d'exploitation géothermique* [en ligne]. BRGM, 2009. Disponible à l'adresse: <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-57602-FR.pdf>.

70 Lons mise sur le logement écologique. *Sud-Ouest*. 19 janvier 2010.

71 BIRAGHI, Vanessa. ÉNERGIE & TERRITOIRE - Réseaux de chaleur renouvelable - Micro-réseaux. Dans: *Mediakiosque* [en ligne]. 15 juillet 2019. [Consulté le 3 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://mediakiosque.univ-pau.fr/video/6451-energie-territoire-reseaux-de-chaleur-renouvelable-micro-reseaux/>

72 À la suite d'un changement de majorité municipale, une contre-expertise est conduite en 2014, afin de réévaluer l'étude de faisabilité de 2013. Plusieurs scénarios ont été explorés : biomasse et utilisation de la chaleur fatale de l'usine d'incinération.

des études dans ce sens, et quasiment au même moment, vers fin 2015, la société Fonroche est venue nous voir. En nous disant qu'ils avaient un projet de géothermie profonde, à Lons, et que l'énergie fatale, on va dire, de ce projet, puisque leur projet à eux, le modèle économique, c'était de vendre de l'électricité. [...] Et donc ils nous disent, cette chaleur, il faut que je l'évacue de toute façon, donc c'est soit au Gave [une rivière], soit à l'atmosphère et on pense qu'il y a peut-être matière à l'utiliser, par exemple, pour alimenter un réseau de chaleur. Et donc on a travaillé sur cette hypothèse avec eux, et on a monté un petit peu le cahier des charges du réseau de chaleur qu'on souhaitait construire en intégrant cette hypothèse Fonroche dans le cahier des charges. [...] Mais il fallait en revanche produire un « plan B », parce que, autant l'incinérateur est là depuis des années, on savait avec le schéma directeur des déchets vers où on allait pour les trente ans à venir, autant Fonroche, c'était un projet de recherche à l'époque. Et donc, on voulait que les entreprises qui allaient répondre à cet appel d'offres un plan B si jamais Fonroche ne se faisait pas. [...] Mise à part l'utilisation de cette énergie fatale, la collectivité n'avait aucune participation, aucune bille dans le projet de recherche et développement de Fonroche. C'est un projet strictement privé, et là on n'intervient pas du tout en tant que collectivité territoriale dans ce projet strictement privé. » (Pau_CAPBP, chargée de mission)

Le projet de Fonroche se présente, de manière opportuniste, comme une possibilité de fourniture d'énergie pour le réseau de chaleur palois. Néanmoins, ce sont deux projets différents, mais où il est présenté une possible convergence. Cependant, comme nous verrons par la suite, il en découlera un amalgame entre les deux projets.

3.1.3 FONGEOSEC : la promesse de géothermie universelle et de structuration d'une filière de la géothermie profonde électrogène

Le projet de Fonroche à Pau a été présenté en 2012. Il avait alors une double ambition : d'une part, développer un modèle de puits « universel », capable de se développer dans différents contextes géologiques. D'autre part, développer une filière de la géothermie profonde électrogène.

Dans le dossier à destination de l'enquête publique, le projet de Pau était présenté comme une centrale de géothermie électrogène d'une capacité de 50 MW_{th}, avec un objectif de production de 5,5 MW en électricité et 15 MW en chaleur. Pour y arriver, l'entreprise souhaitait mettre en place un démonstrateur industriel qui cherche à être « utilisable sur la quasi-totalité du globe, indépendamment du sous-sol /Reproductible industriellement / Hautes performances avec un rendement proche de 50 % » (extrait de l'enquête pu-

blique). Contrairement à ce qui est habituellement fait dans l'industrie, le projet présenté par Fonroche n'est pas composé d'un doublet de puits. Le principe adopté est celui d'un mono-puits, formant une boucle (voir schéma suivant). Un fluide froid descend à travers le puits, se réchauffe à travers une déviation, puis remonterait dans un tube se trouvant au sein du puits d'injection.

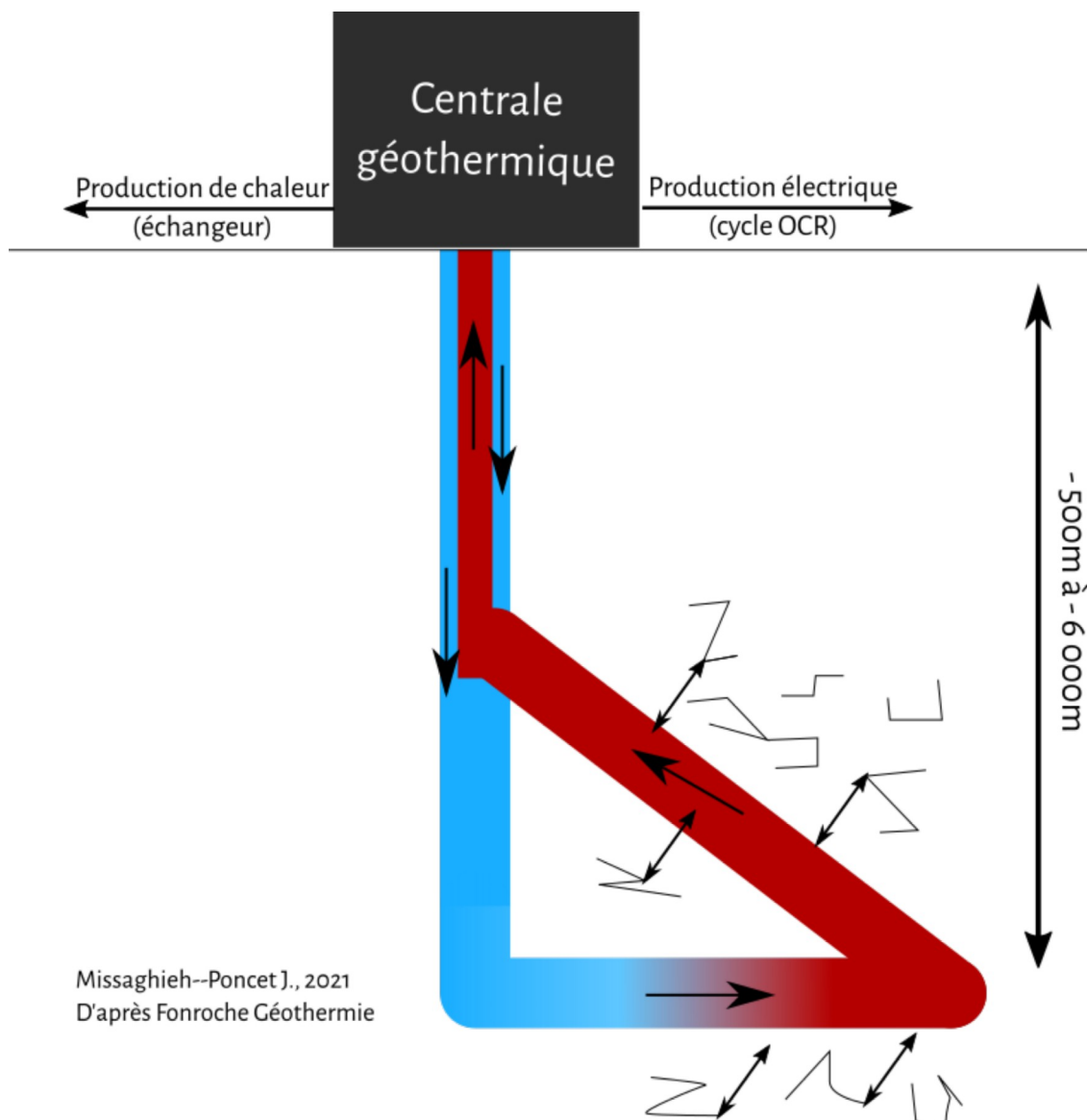


Figure 18: Schéma de puits du projet FONGEOSEC, d'après Fonroche

Ce projet a fait l'objet d'une forte promesse sociotechnique, cherchant à capter des crédits de recherches, notamment à travers des programmes d'investissement d'avenir. À travers le projet FONGEOSEC, le projet a reçu une aide de 27,14 millions d'euros – pour

un total de 82 millions d'euros – sous forme d'avances remboursables. Ce projet s'inscrivait ainsi au sein du régime de la promesse technoscientifique, sur lequel nous nous attarderons dans le chapitre 7.

Un autre volet du projet FONGEOSEC était de structurer une filière de géothermie électrogène. Cela passe, pour l'industriel, par la création d'une société de forages dédiée – Foragelec –, possédant un *rig* – un appareil de forage –, ainsi que du personnel dédié – une trentaine selon l'enquête publique. Il faut savoir que ce type de matériel est, selon les échanges que nous avons eus avec les acteurs de la filière, relativement rare et coûteux :

« Le point positif c'est que Fonroche a pu à travers FONGEOSEC se faire financer une très grosse machine de forage, donc ça peut être ensuite mis à disposition d'opérations qui pourraient se réaliser en géothermie profonde sur le territoire métropolitain. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Le développement d'une entreprise de forages en France permettrait ainsi, pour les industriels, de plus facilement faire appel à ce type de prestataires. Ainsi, Fonroche a pu faire le forage de ses puits à Vendenheim grâce à cette entreprise.

Malgré la force de la promesse d'un puits universel, l'entreprise ne fut pas exempte de critiques. Le rapport du commissaire-enquêteur lors de l'enquête publique peut étonner les personnes habituées à étudier ce type de documents. En effet, ce projet fait l'objet de peu d'interventions – une douzaine. Une partie venait d'anciens foreurs à la retraite, pointant une réserve sur la faisabilité du projet, notamment sur la faisabilité de la boucle de fond du puits. Un ancien foreur avait publié sur un blog – Alternatives Pyrénées⁷³ – une série de « remarques », plutôt critiques, sur le projet de Fonroche :

73 Voir <https://alternatives-pyrenees.com/>. Les articles originels ont disparu du blog, publié en 2013. Ils sont néanmoins retrouvables via le site d'archivage « Weback Machine ». *Géothermie à Lons: Un projet de recherche de fonds (1) – Alternatives Pyrénées* [en ligne]. 16 septembre 2013. [Consulté le 4 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://web.archive.org/web/20201026122156/https://alternatives-pyrenees.com/2013/09/16/geothermie-a-lons-un-projet-de-recherche-de-fonds-1/>

« Le principe consiste à faire circuler un fluide qui va se réchauffer au cours de sa descente et dans l'échangeur de fond [...] Cependant, avec un tel circuit concentrique dans un puits, il n'est pas possible d'obtenir la température souhaitée du fluide en sortie puits. En effet durant la remontée, le fluide chaud montant se refroidit au contact de l'annulaire froid où circule le fluide descendant (il est surprenant que Fonroche ait présenté un projet avec circulation concentrique, et donc un seul puits, alors qu'il est assez évident que cette architecture ne peut convenir). Il paraît donc indispensable de forer deux puits, l'un pour la descente du fluide, l'autre pour la remontée. » (extrait de l'article de blog, mars 2013)

Ces critiques du choix de modèle de puits venant du monde de la technique ont également été émises par un acteur industriel :

« Il y a eu des questionnements sur les technologies choisies. Pas par des acteurs du consortium, mais par un acteur extérieur, a mis en cause assez rapidement le choix technologique qui était fait dans le projet FONGEOSEC, qui était vraiment un puits innovant, et on peut dire que Fonroche en a tenu compte, puisqu'ils ont changé la technologie du puits. C'est-à-dire qu'on est passé à un doublet classique [...]. Si tu veux, généralement en géothermie [...] tu creuses deux puits. Il y en a un qui est celui où l'eau sort et un autre où l'eau rentre, et dans le projet initial de FONGEOSEC tu avais un seul puits qui servait à l'injection et au soutirage. Et ça, ça été attaqué par un industriel pas partenaire du projet, et en fait Fonroche en a tenu compte, puisqu'ils ont changé leurs plans. Et quand on voit les forages qu'ils ont faits à Vendenheim, en Alsace, on est sur le doublet, ils ont vraiment changé la technologie. » (Pau_UPPA1, professeur d'université)

Le projet initial de Fonroche, avec un mono-puits, a été remis en cause. Par la suite, et sur un projet développé *a posteriori*, celui de Vendenheim, Fonroche a revu son architecture, en reprenant un modèle plus classique.

Lors de nos entretiens, nous avons reçu des doutes sur la faisabilité du projet. Ce projet avait été reçu avec un certain enthousiasme par la municipalité. Ainsi, lors d'un conseil

Géothermie à Lons: Un projet de recherche de fonds (2) – Alternatives Pyrénées [en ligne]. 18 septembre 2013. [Consulté le 4 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://web.archive.org/web/20201128132839/https://alternatives-pyrenees.com/2013/09/18/geothermie-a-lons-un-projet-de-recherche-de-fonds-2/>.

Géothermie à Lons: Un projet de recherche de fonds (3) – Alternatives Pyrénées [en ligne]. 19 septembre 2013. [Consulté le 4 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://web.archive.org/web/20210224182149/https://alternatives-pyrenees.com/2013/09/19/geothermie-a-lons-un-projet-de-recherche-de-fonds-3/>.

communautaire en 2017, le maire de Pau, François Bayrou, déclare une certaine forme d'optimisme vis-à-vis de la technologie :

« Si tout ce qui est entrepris réussit, nous aurons pour l'agglomération et pour la ville une expérience qui est une expérience unique au monde. Parce que la centrale géothermique que Fonroche a entrepris de mettre en place est la plus profonde qui a jamais été réalisée aujourd'hui. [...]. Mais ici, nous avons une expérimentation qui ne peut pas être aisément réalisée ailleurs, parce qu'elle repose sur le fait que nous avons des décennies d'études de notre sous-sol. [...] Aucun d'entre nous n'est un expert du sous-sol, mais il y a une chose que je sais, c'est que l'État a apporté à Fonroche pour ce projet, avec évidemment le soutien de tous les experts et j'imagine du corps des mines en particulier, a apporté plusieurs dizaines de millions d'euros en soutien. C'est dire le caractère complètement novateur de ce projet. Et c'est un projet qui est techniquement novateur, mais pas seulement. C'est un projet qui est novateur pour les habitants aussi. Puisque ce qui est arrêté dans les déclarations d'intentions des uns et des autres, c'est qu'on signera avec Fonroche à un prix de la calorie ou du kWh, comme vous voudrez, qui serait au moment de la signature inférieur d'à peu près 10 % du prix du kWh produit par du gaz, et ce prix ne bougera plus pendant les vingt-six années qui viendront. Je ne sais pas si vous voyez, ça signifie donc que plusieurs milliers de foyers vont se trouver avec une énergie pour le chauffage qui va être significativement moins chère que toutes les autres énergies, et avec un gain en respect de l'environnement, puisque ce ne sont pas des énergies fossiles et s'agissant de la centrale géothermique profonde, c'est zéro émission de gaz à effet de serre. » (François Bayrou, conseil communautaire du 21 décembre 2017⁷⁴).

Le discours du maire s'inscrit ainsi dans le registre de l'innovation – en revendiquant la primeur de l'expérimentation – et la singularité de son territoire – en invoquant la trajectoire sociotechnique de Pau. De même, le discours porte sur un registre social – en invoquant une énergie peu chère – et écologique – en invoquant la non-émission de gaz à effet de serre. Ce discours montre la stratégie de la municipalité de façonner une image de Pau comme une ville s'inscrivant au sein d'un courant techno-solutionniste de la transition⁷⁵. Le projet de géothermie de Fonroche, bien qu'il ne bénéficie pas de subventions de la part de la ville de Pau, sert le discours de la municipalité, et s'inscrit dans un contexte de développement de projets d'éco-verdissement, à l'instar de la mise en place d'un tram-bus à hydrogène. Cependant, si le projet génère un soutien et un

74 *Conseil communautaire du 21 décembre* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 4 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.youtube.com/watch?v=H6jAo2PK1kk>

75 Voir à ce propos la thèse de Lénaïg Salliou, à l'université de Pau et des Pays de l'Adour, en cours de rédaction au moment où cette thèse est elle aussi en train d'être rédigée.

certain enthousiasme de la part de la municipalité, les élus de l'opposition modèrent cette position :

« [Les élus de l'opposition] trouvaient que ce n'était pas faisable, effectivement, que c'était un peu des promesses type avions renifleurs, quoi. J'ai eu des remarques comme ça. Voilà, ils n'y croyaient pas. » (Pau_CAPBP, chargée de mission)

L'opposition s'inscrit moins dans la réception du discours de la promesse technoscientifique. Cependant, pour permettre le financement de ce type de projets, il est nécessaire de faire appel à ce type de procédés, afin d'attirer les financements :

« Ce qui s'est passé, c'est que je vous ai parlé des grands contrats d'investissements d'avenir. Donc en 2010, investissements d'avenir, beaucoup d'argent et l'ADEME ont lancé plusieurs appels à manifestations d'intérêts sur les énergies renouvelables. [...] Et donc, on a défini ça en 2011, et l'appel à manifestation d'intérêts a été lancé en fin 2011, avec un traitement des dossiers reçus en 2012. Donc, à l'époque, on avait reçu une dizaine de dossiers, et ce sont essentiellement les dossiers électricité qui ont été acceptés, parce que le principe des investissements d'avenir, c'était de dire que bon, c'était des projets de démonstration, on veut bien les aider sous forme de subventions, mais on veut surtout les aider sous forme d'avances remboursables on va dire. Et on veut que ces avances remboursables soient effectivement remboursées. Donc il fallait des projets qui génèrent des recettes. [...] Et le seul créneau qui pouvait être intéressant pour les avances remboursables, c'était de la production d'électricité, avec des tarifs d'achat qui étaient relativement importants et intéressants. Et donc ce sont les projets de production d'électricité qui ont été dans un premier temps retenus par l'ADEME. Donc on a instruit ces dossiers, mais le problème, c'est que l'ADEME n'était pas décisionnaire. Donc c'est ce qu'on appelle le secrétariat général aux investissements, qui était décisionnaire, c'est-à-dire c'était une structure qui était mise en place pour piloter le programme d'investissement d'avenir, qui dépendait du Premier ministre, donc on était cinq qui ont été regroupés, généralement des hauts fonctionnaires [...], à décider d'y aller ou pas. Et donc, l'ADEME a instruit à l'époque trois projets de production d'électricité, sur les dix. [Le projet de Fonroche à Pau est] très innovant, 6 000 mètres de profondeur, on est sur de gros diamètres là, jamais été forés. Je n'ai pas suivi le dossier personnellement, mais je ne l'aurais pas suivi. Je ne l'aurais pas donné mon accord, parce que c'était trop risqué, et puis je connaissais déjà l'expérience sur l'Alsace, on a foré à 5000 mètres de profondeur, et ça a été quand même assez galère. Et l'opérateur était Fonroche. Fonroche ne connaissait pas grand-chose à la géothermie, hormis [...] son directeur général pour la géothermie. [...] Donc pas mal de risques, mais ils ont joué beaucoup sur l'innovation. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Le projet s'inscrit au sein d'un discours de promesse, dans un contexte où l'État encourageait le développement de projets de géothermie électrogène, notamment dans

une logique de rentabilité de l'électricité par rapport à une production uniquement de chaleur, dans un contexte où l'électricité d'origine géothermale était rachetée à un prix relativement important. Néanmoins, des réserves ont été faites sur le développement du projet, notamment du fait de la difficulté technique de forer à une telle profondeur – 6 000 mètres –, mais aussi de la relative inexpérience de l'entreprise dans le développement de projets de géothermie, l'entreprise n'ayant alors pas de centrales de géothermie à son actif. Néanmoins, en 2019, l'ADEME suspend les aides octroyées à FONGEOSEC.

Analyse de la presse

Notre corpus de presse comporte 32 articles parlant de la géothermie à Pau.

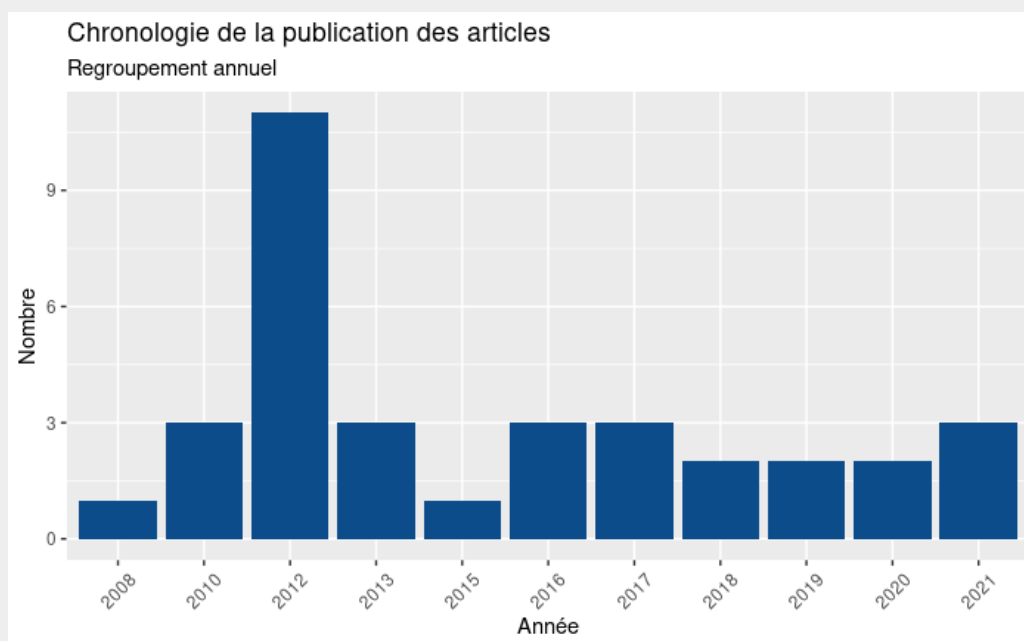


Figure 19: Chronologie de la publication des articles – Pau

Hormis deux articles – l'un parlant du « lancement » de la filière avec le projet de Fonroche, l'autre de la labellisation du réseau de chaleur –, la quasi-totalité des articles de presse viennent de la presse quotidienne régionale, la *République des Pyrénées et Sud-Ouest*.

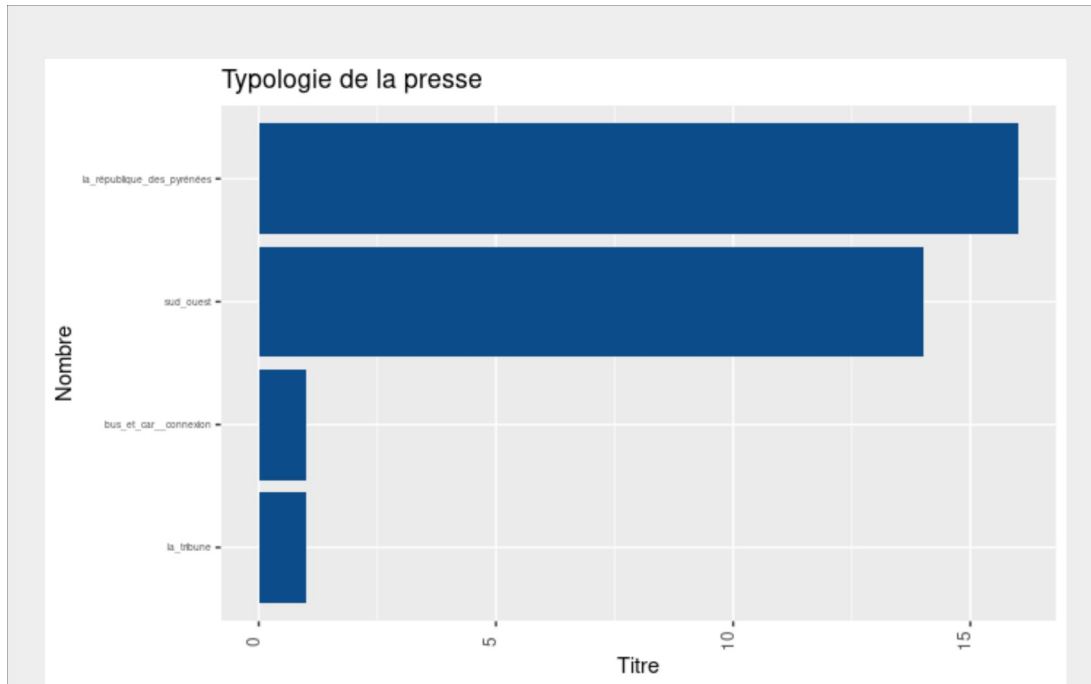


Figure 20: Typologie des journaux publiant les articles – Pau

En 2008 il est évoqué la possibilité pour l'université de se chauffer grâce à la géothermie. En 2010 il est mentionné par la commune de Lons le fait de chauffer un quartier grâce à cette technologie.

En 2012, est annoncé le projet de Fonroche à Pau. Ce projet est annoncé dans la presse locale comme créateur d'emplois. En 2013, Fonroche obtient son permis exclusif de recherche, et les articles présentent l'entreprise, ainsi que le projet FONGEOSEC. Régulièrement, entre 2015 et 2016, il est donné une présentation de l'avancée du projet, notamment en présentant la phase d'exploration. Ainsi, en 2016, un certain espoir est évoqué dans la presse, où la réussite potentielle du projet est présentée comme le lancement de la filière, la presse reprenant le discours de l'entreprise liant le projet de centrale à celui du développement de la filière. En 2017, il est surtout évoqué la mise en débat du réseau de chaleur au sein de la municipalité, reprenant la réunion du conseil communautaire, dont nous avons présenté un extrait un peu plus haut. En 2018, il est introduite la labellisation – le label Cap Cit'énergie – du réseau de chaleur et où la centrale de géothermie est présentée comme un potentiel pourvoyeur d'énergie. En 2019, le projet est annoncé comme retardé, du fait de l'arrêt des aides octroyées par l'ADEME, mais Fonroche assurant que le projet se fera bien. Néanmoins, en 2020, il est annoncé qu'il n'y aura pas de projet de géothermie, et les articles de 2020 et 2021 parlent d'un réseau de chaleur sans cette source d'énergie. Finalement, en 2021, il est montré que l'agglomération recherche d'autres sources de géothermie.



La région de Pau connaît une trajectoire sociotechnique intéressante, du fait de l'histoire qu'elle entretient avec son sous-sol. En effet, la découverte du gaz de Lacq dans les années 1950 a permis le développement d'un écosystème et d'un savoir-faire autour de la question du sous-sol, ainsi qu'une connaissance de ce dernier, permettant d'identifier les sources d'eau chaude. Des projets d'utilisation de ces sources d'eau ont été imaginés par la suite, mais n'ont pas abouti.

En 2012, l'entreprise Fonroche arrive à Pau, en proposant un projet de géothermie électrogène, avec une valorisation de la chaleur fatale au sein du réseau de chaleur urbain. Le modèle développé par Fonroche, avec une architecture monopuits, a fait l'objet de critiques de la part du monde de la technique, obligeant l'industriel à adopter une approche plus conventionnelle, à travers l'utilisation de doublets. De même, des doutes ont été émis quant à la capacité de l'entreprise à pouvoir forer aussi profondément qu'annoncé.

3.2. Haute-Sorne : un modèle répliquable dans toute la Suisse ?

Dans les chapitres précédents, nous avons présenté la stratégie de transition énergétique de la Suisse, consistant entre autres à dénucléariser son électricité. Pour y arriver, plusieurs projets de géothermie se sont développés. Notre cas d'étude s'intéresse à un projet de l'entreprise Geo-Energie Suisse, un consortium d'énergéticiens suisses, qu'ils soient des services industriels de villes ou des énergéticiens privés.

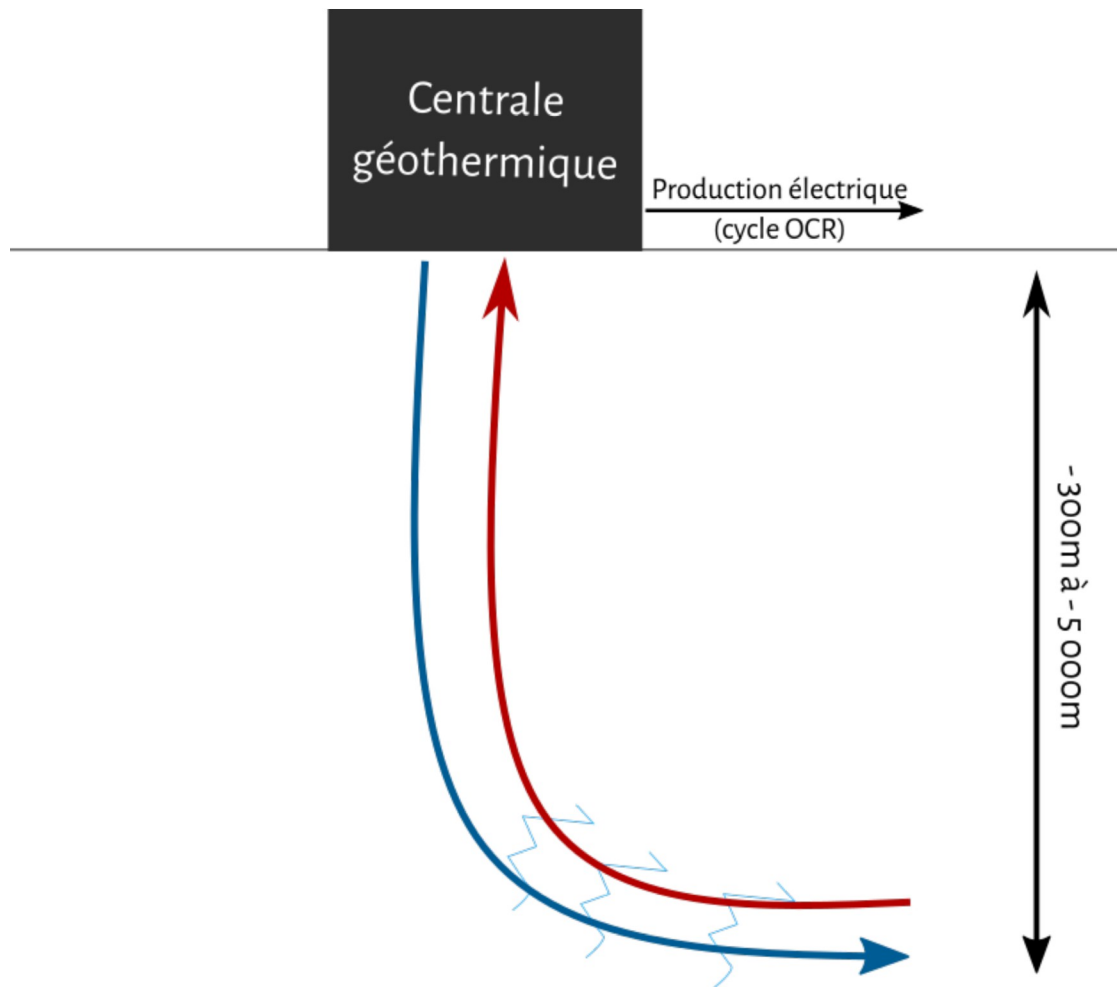
3.2.1 Un projet géothermique à stimulation multi-étapes et avec des drains horizontaux

Ce projet de géothermie, à l'instar des projets de Saint-Pierre-Roche et des projets alsaciens, cherche à atteindre le socle cristallin. Pour y arriver, le porteur de projet souhaite utiliser la méthode EGS. Il souhaite cependant apporter des innovations à cette technologie :

« Le projet de Bâle s'est inspiré du projet de Soultz, mais la vocation de passer directement à la phase industrielle, sans doute trop rapidement [...] et nous, en analysant les données du projet de Bâle, il y a deux choses qui sont apparues de manière assez claire : c'est, d'une part, même s'il n'y avait pas eu de tremblement de terre à Bâle, la perméabilité du réservoir n'aurait peut-être jamais été atteinte. À Bâle, on a fait un forage vertical, avec une section ouverte du forage très longue, environ 500 mètres ouverts [...]. D'un point de vue hydraulique, ce qu'on sait, c'est que l'eau va toujours prendre des chemins les plus faciles et les plus favorables, et avoir une section ouverte de 500 mètres, ça ne sert pas toujours à quelque chose. Dès le moment qu'on a une fissure, qui est un peu perméable sur ce tracé-là, l'eau va avoir tendance à s'y engouffrer et à stimuler cette fissure-là, en la rendant de plus en plus grande, de plus en plus large, de plus en plus longue. Et au final, si un deuxième forage était réalisé à Bâle, le risque était très élevé qu'il y ait un court-circuit thermique entre ces deux forages et que finalement toute l'eau passe par une zone très limitée entre un forage et l'autre et que finalement, qu'il y a un échange thermique avec la roche qui soit limité. [...] L'autre problème qui a été constaté, c'est que lorsque la stimulation de la roche est effectuée, plus cette stimulation est de grande ampleur, plus la magnitude de la microsismicité augmente. [...]

Et c'est sur la base de ces deux observations-là qu'on a développé un concept, qui consiste à réaliser des stimulations beaucoup plus petites, mais de manière sérielle le long d'un forage dévié horizontal. Ça a un double avantage. Sur chaque section qui est stimulée, on peut estimer qu'il y a au moins une fissure stimuable, qui peut permettre de réaliser le passage de l'eau entre deux forages, et donc on maximise la possibilité d'échange entre l'eau et la roche, parce que dans chaque section stimulée on va avoir un conduit préférentiel. Nous, dans notre concept, on a une trentaine de segments, comme cela. Donc on peut imaginer que l'eau va circuler sur au moins trente conduits d'écoulement entre les deux forages, et puis pas un seul, ce qui va limiter le risque de court-circuit thermique. Et puis d'autre part, chaque stimulation est maintenant relativement petite, et avec cela, le risque sismique est également extrêmement limité. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

Les expériences passées de géothermie à Bâle ont permis d'identifier un certain nombre d'apprentissages concernant l'utilisation de l'EGS : d'une part, la forme du puits limite les échanges thermiques, et d'autre part, une stimulation à grande échelle est plus susceptible de générer une forte sismicité. Ainsi, l'entreprise cherche à prendre le contrepoint de ce paradigme, en mettant en place un forage sub-horizontale pour permettre de multiplier les échanges (voir schéma ci-après), mais également de multiplier des petites stimulations, au lieu d'une seule plus importante, afin de réduire les risques sismiques.



Missaghieh--Poncet], 2021
d'après geo-energie.ch

Figure 21: Principe de fonctionnement du pilote de Haute-Sorne

Si le projet de Haute-Sorne est un projet pilote, l'entreprise souhaite par la suite développer d'autres centrales sur ce modèle :

« C'était exactement ça qui était dans l'idée de base, c'était de ne pas chercher un *hotspot* géologique particulier, qui aurait peut-être été plus simple d'un point de vue technologique, plus hydrothermal, mais qui ne serait pas répliquable, parce qu'il y est lié à une configuration géologique très particulière. Pour nous, c'était très clair vu le mandat de la société qui était d'amener à maturité la géothermie profonde pour la production de l'électricité et de l'amener à contribuer autant que possible à la transition énergétique en Suisse, il était important de disposer d'une technologie qui était répliquable dans le plus grand nombre d'endroits possible. Et vu la géologie de la Suisse, avec ces roches cristallines et peu perméables à grande profondeur, ça nous a assez vite menés à cette idée de travailler sur un concept EGS qui soit répliquable. *A priori*, ce qu'on essaye de développer à Haute-

Sorne, pourraient être répliqué dans la plupart des endroits de la Suisse. Je dirais les contraintes étant, je dirais, d'avoir la profondeur suffisante pour avoir les températures suffisantes, de chercher des roches cristallines, et puis d'obtenir une distance suffisante de toutes failles importantes qui pourraient amener à un risque sismique. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

L'entreprise essaye de s'affranchir des contraintes du sous-sol, en cherchant non pas à sélectionner des configurations géologiques particulières, mais en développant une technologie – ici une forme d'EGS –, afin de créer les conditions nécessaires au développement de cette technologie au sein du territoire helvétique.

Le projet de Haute-Sorne est ainsi un projet géothermal EGS, qui a la spécificité d'essayer de pallier certaines limites technologiques à travers la stimulation multi-étapes et les drains subhorizontaux. Ces caractéristiques technologiques visent à permettre une généralisation de ce type de centrales sur l'ensemble du territoire helvétique.

3.2.2 Chronologie du projet

L'entreprise Geo-Energie a été fondée en 2010. L'entreprise a conduit des études afin de définir plusieurs sites potentiels :

« Alors, on a d'abord cherché d'un point de vue technique des sites adéquats en Suisse, on a commencé avec un portefeuille d'environ cent-vingt sites, qui ensuite ont été raffinés. Et puis les sites qui nous semblaient les plus adéquats, il y en avait trois ou quatre, dans trois ou quatre cantons différents. Et, on a ensuite pris contact avec les autorités cantonales des cantons concernés. [...] Le canton du Jura nous avait reçus favorablement, parce qu'ils étaient aussi dans une dynamique de transition énergétique, à la recherche de nouvelles sources d'énergies renouvelables pour l'approvisionnement électrique, qui actuellement dépend essentiellement de l'extérieur [...]. Donc, la volonté de rechercher des sources de production d'électricité renouvelable, et si possible, indigène. Donc, notre projet était accueilli favorablement. De même par la commune, on a abordé les autorités cantonales, avec notre projet ils ont trouvé que c'était quelque chose qui pourrait amener de l'innovation et du dynamisme à leur commune nouvellement fusionnée, à la commune de Haute-Sorne dans lequel se trouvait le projet d'une commune qui venait de fusionner [...]. Et puis après, il fallait encore trouver un site adéquat, et un propriétaire disposé à vendre sa parcelle. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

L'entreprise a conduit, en 2012, des études géologiques, notamment à travers des forages, afin d'établir le potentiel géothermal. Ils ont fait le choix, en 2013, d'un site dans

la commune de Haute-Sorne, dans le canton du Jura, qui avait des caractéristiques géologiques pertinentes. À l'occasion de la demande d'autorisation du projet, l'industriel a mis en place un « groupe d'accompagnement » :

« Lorsqu'on a fait en même temps que le dossier a été déposé, on a mis sur pied un groupe d'accompagnement du projet, dans lequel étaient représentées les autorités cantonales, les autorités communales, des associations de protection de l'environnement et puis nous-mêmes. Et toute la phase d'autorisation a été suivie par ce groupe d'accompagnement, donc les différents aspects du projet ont été présentés au groupe d'accompagnement, qui a pu poser des questions, qui ont pu obtenir des réponses sur des sujets qui pouvaient faire souci. Et ce groupe d'accompagnement a également servi de relais de communication [...] et puis il y a quatre bulletins d'informations qui ont été publiés sous l'égide de ce groupe d'accompagnement, et puis distribués dans les boîtes aux lettres des citoyens et citoyennes de la commune. En plus de cela, il y a une couverture médiatique assez importante, la presse locale s'est intéressée au projet, puis ont couvert les différentes phases du projet. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

« On a passé en revue au fil des mois tous les aspects du dossier, que ce soit des aspects justement sur la sismologie, sur la radioactivité, surtout sur la géothermie, sur comment ça serait implanté dans le terrain. » (Suisse_ONGE2, porte-parole d'une association environnementaliste)

« Au cours de ces séances de groupe de travail, non seulement on a posé nos questions, mais on a aussi beaucoup discuté des mesures de protection, notamment de la faune, des batraciens, par rapport aux bassins de décantation. [...] En fait, c'était justement des séances où on nous informait de l'avancée du projet, comment en tant qu'organisation environnementale on avait des objections, est-ce qu'on avait surtout aussi des propositions d'amélioration du projet. Et puis des discussions aussi de qu'est-ce qu'on pourrait faire. » (Suisse_ONGE3, porte-parole d'une association environnementaliste)

Ce groupe d'accompagnement était l'occasion pour les associations et élus de se saisir des questionnements autour du projet, notamment d'un point de vue environnemental. Les échanges ont par la suite été synthétisés sous forme de « bulletins » qui étaient par la suite distribués.

Après le choix d'un site en 2013, le canton a cherché à mettre un cadre législatif *ad hoc* au projet – ne disposant pas d'une législation concernant la géothermie. Ce *Plan spécial cantonal* élaboré en 2013 cherchait à définir les conditions juridiques pour autoriser

cette infrastructure nouvelle sur le canton. Il y a eu à cette occasion une consultation, qui a soulevé des oppositions :

« Et on a encore eu une phase, durant laquelle c'est le canton qui a pris l'initiative de l'information, dès le moment que le projet avait avancé, la procédure d'autorisation applicable porte le nom de « *Plan spécial cantonal* ». Il s'agit d'une procédure de planification territoriale dédiée à la réalisation d'un projet particulier. C'est une procédure qui est de compétence cantonale et qui a été retenue pour ce projet de Haute-Sorne. [...] Et un plan spécial prévoit que les autorités cantonales prennent l'initiative de la communication et organisent une phase de consultation publique durant laquelle le projet, le pré-projet, est mis en consultation auprès de la population et la population peut poser les questions qu'elle souhaite aux autorités cantonales. Le canton organise ensuite une séance d'information durant laquelle les réponses aux questions posées ont été apportées et également il y a un rapport de consultation qui a été émis et rendu public. Et sur la base de cette consultation, il y a également différents points qui ont été soumis, différentes demandes de modification du dossier sur la base de rapport de consultation. Et c'est à la fin de cette base de consultation que le dossier de consultation est mis à jour, en fonction des résultats de la consultation et déposé officiellement à l'enquête publique. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

« Mais par exemple, dans la phase entre 2013 et 2015, les décisions ont été préparées, où le projet a été instruit d'une certaine manière, il y a eu quelques personnes qui se sont manifestées contre ce projet, au début c'était quelques personnes notamment dans les séances publiques qui se sont exprimées contre, mais c'était une opposition assez mesurée. Et puis, il y a eu des oppositions, il y a eu pas mal d'oppositions au projet qui, pour une bonne partie, étaient retirées par les auteurs de l'opposition, parce qu'ils souhaitaient par exemple des garanties sur la surveillance de leur bâtiment, qu'ils défendaient vraiment leurs intérêts, qu'ils voulaient vraiment être sûrs que leur bâtiment allait faire l'objet d'un contrôle de fissures avant le projet, et puis qu'ensuite il y aurait un suivi qui serait fait par rapport à ça, des choses comme ça. De mémoire, ce sont à peu près la moitié des oppositions qui auraient été retirées par leurs auteurs. Et puis il y a une partie qui était restée, mais qui a été levée par le gouvernement comme il peut le faire, si elles sont jugées inopportunes ou non pertinentes, elles ont été levées. Donc à ce moment-là, donc à ce moment-là, en fait, il y a eu une partie des opposants, mais c'était six, sauf erreur, six opposants, c'était parfois des couples, qui ont fait opposition et qui sont allés jusqu'au tribunal fédéral, d'abord au tribunal cantonal, ensuite au tribunal fédéral, et puis c'était vraiment la procédure judiciaire. » (Suisse_Canton, responsable de l'énergie au sein du canton du Jura)

Lors de la mise en place du plan spécial cantonal, une consultation a été mise en place par le canton. Un certain nombre d'oppositions ont été soulevées par des riverains, questionnant par exemple l'impact du projet sur leurs biens immobiliers. Le plan spécial cantonal a été adopté en 2015. Par la suite, une convention tripartite a été signée

entre le canton, la municipalité et l'industriel afin de définir les modalités de redevances de la production électrique ainsi que la mise en place d'une commission de suivi. Néanmoins, si la plupart des oppositions ont été levées, quelques opposants ont mené une judiciarisation du conflit, en contestant la mise en place du plan spécial cantonal. Cela s'est traduit en 2015 par un recours auprès du tribunal cantonal. Dans un article de Radio Fréquence Jura daté du 15 mai 2016⁷⁶, on apprend que cette opposition concernait des riverains – habitant à moins d'un kilomètre de la future centrale – et qui craignaient les impacts de la centrale, telle que le bruit, les séismes issus des forages et leurs impacts sur le bâti, ainsi qu'une crainte pour la faune locale. Ce recours a été rejeté par le tribunal administratif cantonal en décembre 2016. Les opposants l'ont alors porté auprès du tribunal fédéral en 2017, qui rejette le recours en décembre 2018, validant le plan spécial cantonal⁷⁷.

Néanmoins, en 2016, un autre groupe d'opposants, s'est constitué en association sous le nom de « Citoyens responsables Jura » (CRJ), afin de porter une initiative populaire cantonale visant à interdire la géothermie profonde dans le canton du Jura. Cette association a ainsi adopté un propos au ton catastrophiste vis-à-vis de la géothermie :

« Invité dans *La Matinale* jeudi, il [le porte-parole de l'association] a regretté le fait que "les gens ne se rendent pas compte de ce qui va arriver. La population n'est pas réellement au courant". Et d'avancer ses arguments : "Les promoteurs veulent réaliser des forages à cinq kilomètres sous terre. Personne ne connaît ce qu'il y a à cette profondeur, même les promoteurs. Il est donc fort probable que des séismes se produisent. Mais on ne sait ni quand, ni à quelle magnitude !" Et [le président de l'association] de craindre également la pollution de l'eau, les explosions, l'arrivée de maladies, de cancers. Un alarmisme assumé "parce qu'il faut réveiller les gens". » (RFJ, 19 mai 2016⁷⁸)

76 RADIO FRÉQUENCE JURA. *Le projet de géothermie profonde devant la justice* [en ligne]. 15 mai 2016. [Consulté le 6 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.rfj.ch/rfj/Actualite/Region/20160519-Le-projet-de-geothermie-profonde-devant-la-justice.html>

77 RADIO FRÉQUENCE JURA. *L'association «Citoyens Responsables Jura» constituée* [en ligne]. 20 mai 2016. [Consulté le 6 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.rfj.ch/rfj/Actualite/Region/20160520-L-association-Citoyens-Responsables-Jura-constituee.html>

L'association accuse ainsi la géothermie à l'origine de nombreux problèmes, et invoque ainsi un rôle de lanceur d'alerte face aux dangers – selon eux – de cette technologie. Ce discours est encore repris sur leur site internet⁷⁹, où ses membres invoquent un principe de précaution contre de nombreux risques jugés à long terme (pollution, risques radioactifs, séismes ou explosions) et où ils craignent d'être des « *rats de laboratoires* ». L'initiative a été invalidée en 2018 par la Cour constitutionnelle jurassienne, car incompatible avec le droit fédéral, et notamment avec la Stratégie énergétique 2050, et qu'il était impossible d'interdire purement et simplement la géothermie profonde⁸⁰.

Néanmoins, ce groupe localement semble isolé, avec des propos perçus comme extrémistes :

« Il n'y a jamais eu de contacts avec nous. À aucun moment ils ne nous ont approchés pour nous poser des questions, pour savoir si des choses pouvaient être faites autrement, ce n'était pas le but de cette association, elle a vraiment décidé de faire, dès le début, de faire tout ce qui était en son possible pour empêcher la réalisation de ce projet, et puis en utilisant je dirais les techniques classiques on va dire du populisme au sens large, c'est jouer sur la peur, n'avoir absolument aucun problème à utiliser de la désinformation pour autant que l'objectif soit atteint. [...] Après, on sait, d'après les échos qu'on a eus que ce groupe d'opposition qui est assez radicalisé n'a pas obtenu de soutien de la part de la population, beaucoup de gens les ont vus comme relativement extrémistes dans les propos qu'ils tenaient. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

De fait, l'association est isolée : les échanges que nous avons eus avec différents acteurs locaux – associations, industriels ou membres de l'administration – nous les ont présentés comme un groupe faisant de la désinformation, en jouant particulièrement sur les peurs de catastrophes – une personne parlant même de « *fake news sur fake news* »,

78 RADIO FRÉQUENCE JURA. *Une association et une initiative contre la géothermie profonde* [en ligne]. 19 mai 2016. [Consulté le 6 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.rfj.ch/rfj/Actualite/Region/20160519-Une-association-et-une-initiative-contre-la-geothermie-profonde.html>

79 CRJ Suisse – *Non à la géothermie profonde expérimentale Haute-Sorne!* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 6 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://crjsuisse.ch/>

80 RADIO FRÉQUENCE JURA. *L'initiative « contre la géothermie profonde dans le Jura » invalidée* [en ligne]. 5 juillet 2018. [Consulté le 6 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.rfj.ch/rfj/Actualite/Region/20180705-L-initiative-contre-la-geothermie-profonde-dans-le-Jura-invalidée.html>

avec parfois des actions virulentes – une autre personne interrogée nous faisant part de courriers incendiaires.

En 2017, un séisme induit par la géothermie de magnitude 5,4 a lieu dans la ville de Pohang, en Corée du Sud. À la suite de à cet évènement, la question de l'abandon est portée en 2018 au parlement jurassien, notamment par les députés chrétiens-démocrates :

« Pohang, par contre, c'était une autre affaire, ça nous a fait beaucoup de mal. Parce que Pohang arrive fin 2017, à un moment où le projet est bloqué depuis deux ans, où le débat politique est presque à son paroxysme, les opposants ont cherché différents instruments pour pouvoir bloquer le projet. [...] La situation était déjà suffisamment chaude et tendue, et à ce moment-là, il y a Pohang qui se produit. C'était vraiment la cerise sur le gâteau, un évènement dont on se serait bien passé, parce que, je dirais que c'était pour nous un point de rupture, les partis politiques qui étaient jusqu'à présent étaient soit restés derrière le projet, soit étaient restés relativement neutres, mais aucun politique n'avait prêté cause pour les opposants. Pohang, ça a été le point de rupture. Dès ce moment-là, il y a des individus et des partis qui ont dit "on ne veut plus de ce projet, quand on voit ce qui s'est passé en Corée, c'est trop dangereux". Et puis, c'est peu après qu'il y a un parti parlementaire, PDC, parti démocrate-chrétien, qui était le premier parti du canton du Jura, qui a lancé une initiative, une motion parlementaire, pour exiger du gouvernement un arrêt immédiat du projet. Il était ensuite suivi par toute sa fraction parlementaire, et puis par son parti, et puis je dirais [rires] c'est là où on a commencé à avoir plus une opposition beaucoup plus structurée. Avant l'opposition c'était les CRJ, et après Pohang, je dirais que le discours des CRJ obtient un écho beaucoup plus large auprès d'entrepreneurs, auprès de groupes politiques. Donc oui, Pohang nous a fait beaucoup de mal » (Suisse_Industriel, chef de projet)

Le séisme de Pohang marque ainsi un tournant. Si, initialement, l'opposition au projet était limitée à l'association CRJ, le séisme porte l'opposition à l'échelle politique, remettant en cause un relatif consensus autour du projet. Le canton demande alors au Service sismologique suisse un rapport analysant cet évènement, afin de voir si un évènement similaire pourrait se produire dans le contexte jurassien, et éclairer une décision sur une possible révocation d'autorisation du projet. L'industriel, de son côté, a mené des études complémentaires afin d'étudier les failles qui pourraient potentiellement créer des séismes. Le rapport, remis aux services cantonaux en 2019, est publié en

2020. En janvier 2022⁸¹, le gouvernement jurassien confirme l'autorisation du projet, en demandant des modifications au projet, afin de « renforcer le cadre sécuritaire », bien que reconnaissant que les exigences actuelles étaient importantes. Ainsi, il est demandé une analyse minutieuse des données à chaque étape du projet, ainsi qu'en mettant en place une *commission de suivi et d'information*, composée d'élus, d'organisations patronales, des associations environnementalistes et de riverains, à des fins de « transparence ». Entre-temps, la Confédération réitère son soutien au projet, en remontant en 2019 son aide de 47 à 64,1 millions CHF, puis la remonte à 90 millions en 2020, afin d'aider l'entreprise à conduire des mesures complémentaires d'exploration et de réduction de risques.

Analyse de presse

Notre corpus contient 185 articles, publiés entre 2012 et 2022. Notons que nous avons essayé de recueillir les articles en version complète, soit par le biais d'Europresse, soit en accédant directement sur le site du journal. Néanmoins, certains journaux, notamment le Quotidien du Jura – non disponible sur Europresse et possédant un « accès à péage », rendant impossible la lecture des articles sans abonnement –, n'a pas pu être intégrés au corpus, expliquant sa sous-représentation.

81 RÉPUBLIQUE ET CANTON DU JURA. *Géothermie profonde à Haute-Sorne: le Gouvernement revoit différentes bases du projet avec l'objectif de renforcer le cadre sécuritaire de chaque étape* [en ligne]. 27 janvier 2022. [Consulté le 6 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.jura.ch/CHA/SIC/Centre-medias/Communiqués-2022/Geothermie-profonde-a-Haute-Sorne-le-Gouvernement-revoit-differentes-bases-du-projet-avec-l-objectif-de-renforcer-le-cadre-secur.html>

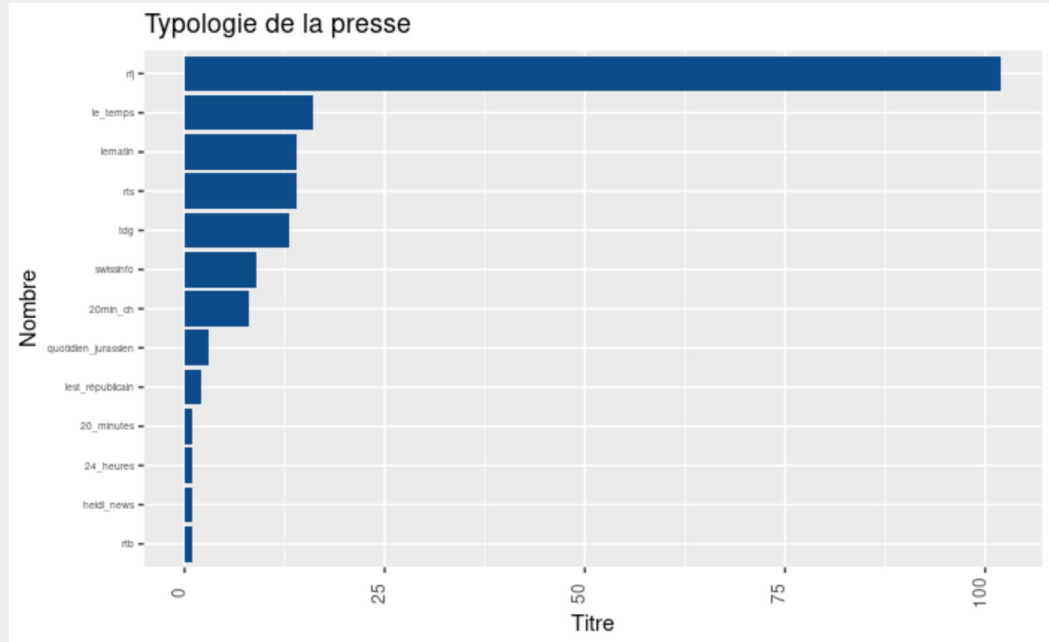


Figure 22: Principaux journaux publiant les articles – Haute-Sorne

Lorsque l'on regarde les journaux publiant les articles, nous pouvons voir que la presse locale, avec Radio Fréquence Jura, publiait de nombreux articles sur le sujet. La presse nationale, avec Le Temps, le Matin, la RTS, la Tribune de Genève (TDG), SwissInfo ou 20 minutes.ch représente un second groupe, où la publication est moins fréquente. On peut expliquer cette différence par le fait que la presse locale offrira une couverture constante du projet, consignait le moindre évènement à ce propos, tandis que la presse nationale se contentera de parler d'évènements plus notables.

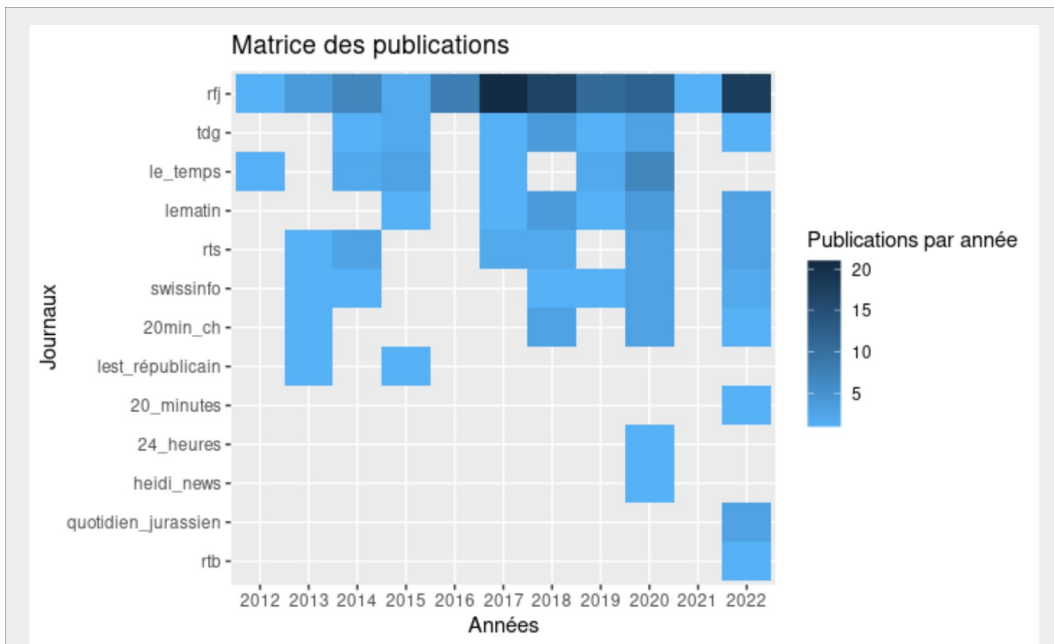


Figure 23: Matrice des publications – Haute-Sorne

On retrouve ce rythme au sein de la matrice, montrant une publication continue de la part de la RFJ, tandis que les journaux nationaux évoqueront uniquement les temps forts. Quand la RFJ publie de nombreux articles signalant un évènement en particulier, nous pouvons notamment voir où cela se répercute dans les publications de la presse nationale.

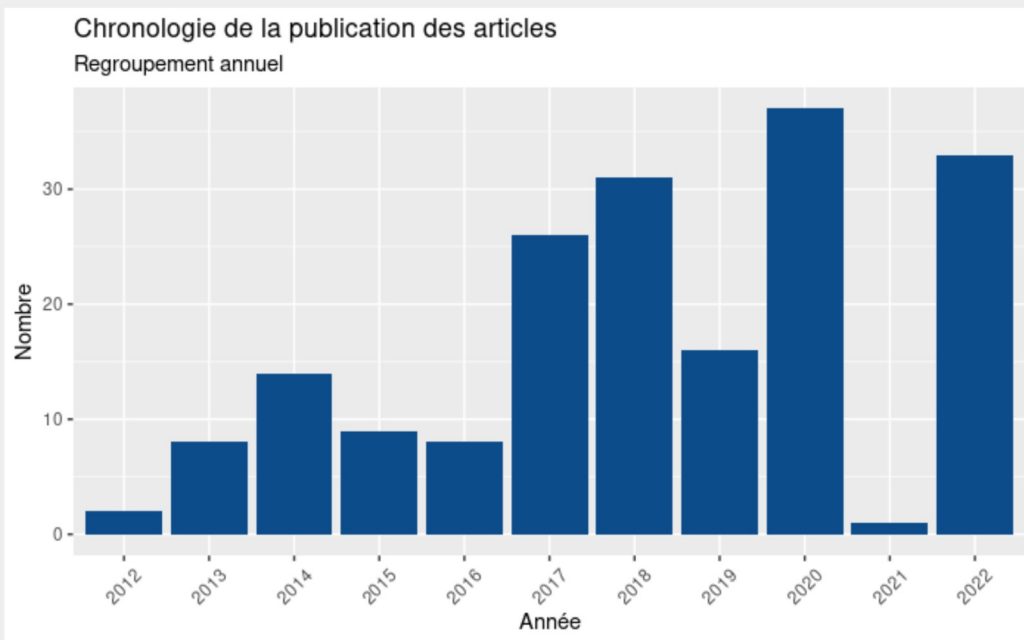


Figure 24: Chronologie de la publication des articles – Haute-Sorne

Concernant la chronologie de publications, nous pouvons voir différents « pics » de publications, correspondant aux différentes phases clés du projet.

Ainsi, en 2012 et 2013, la publication est assez restreinte. La presse évoque le potentiel géothermique du canton, avec la possibilité de l'installation d'un projet de Geo-Energie Suisse, d'abord à l'échelle cantonale, puis à Glovelier, la localité dans laquelle est envisagé le site de l'exploitation.

En 2014, nous pouvons voir sur notre graphique, une augmentation des publications. Cela correspond notamment, entre autres, à la mise en place du plan spécial cantonal – avec l'enquête publique –, ainsi que la pétition demandant un moratoire de dix ans sur la géothermie, porté par le collectif « Citoyens de Haute-Sorne responsables ». En 2015 est annoncée l'autorisation du canton dans la mise en place du projet, avec l'adoption du plan spécial. En 2016 est publicisé le recours des riverains contre le plan spécial, ainsi que la création de l'association « Citoyens Responsables Jura », proposant une initiative populaire cantonale pour faire interdire la géothermie. 2017 est un autre pic médiatique. Le premier événement est une augmentation des séismes dans l'ancien forage de Bâle, où l'association Géothermie Jura rassure en invoquant un contexte différent. Des industriels du canton ont également lancé une pétition, craignant les conséquences des séismes sur leurs activités. De même, c'est cette année-là que l'initiative populaire cantonale a reçu suffisamment de signatures pour être présentée devant le parlement jurassien, mais invalidée par la suite par la justice jurassienne. La presse évoque également en 2017 le séisme de Pohang, avec la commande du canton d'un rapport au SED. En 2018, la presse évoque également un débat parlementaire, durant lequel les élus démocrates-chrétiens ont déposé une motion pour interdire la géothermie. Cette motion sera adoptée à la fin de l'année 2018, sans mesure contraignante, par la majorité du parlement. Il est également évoqué le rejet par le tribunal fédéral du recours des riverains contre le plan spécial cantonal.

L'année 2019 sera moins riche en matière de publication d'articles. Ainsi, le porteur de projet publie son rapport sur le séisme de Pohang. Il est également évoqué le soutien financier de la Confédération. L'année 2020 traite de la publication du rapport du SED, ainsi que l'éventualité pour le canton d'annuler son autorisation. L'année 2021 traite de l'attente de la décision du gouvernement, tandis que 2022 est marquée par l'annonce de la décision de relancer le projet, à condition de suivre des exigences de sécurité supplémentaires.



Le projet de Haute-Sorne remonte à 2012. Le projet a fait l'objet d'un cadre législatif *ad hoc*, du fait de l'absence d'une législation adaptée à l'échelle cantonale. Il a connu une première opposition, principalement des riverains craignant des impacts immédiats du projet, qui ont contesté le plan spécial cantonal. Néanmoins, leur recours a été débouté par les tribunaux à l'échelle cantonale et fédérale. Il est apparu par la suite un autre groupe d'opposants, souhaitant faire interdire la géothermie au sein du canton, demande qui a été jugée irrecevable par le tribunal, car incompatible avec le droit confédéral. Si cette association est relativement marginalisée – du fait d'un discours jugé extrémiste –, l'opposition au projet s'étend suite au séisme de Pohang, suscitant des inquiétudes de la part de parlementaires qui souhaitaient un moratoire. Le canton demande alors une étude sur la possibilité d'un risque analogue, afin de fonder sa décision d'une éventuelle révocation d'autorisation. Finalement, le canton confirme son autorisation, en demandant des mesures de sécurité supplémentaires pour réduire le risque sismique, en complément des mesures déjà prises.

Le projet de Haute-Sorne est ainsi intéressant à plusieurs égards. En effet, sur le plan technique, il présente une tentative de développer une géothermie « orientée surface », en cherchant à la rendre répliquable et à minimiser les risques sismiques. Sur le plan social, il illustre différents degrés de contestation du projet, initialement de riverains, puis allant vers une composante plus radicale, avant qu'elle devienne une question plus « politique » en soulevant une controverse au sein du parlement, conduisant à un renforcement de mesures de sécurité, déjà drastiques, pour réduire le risque sismique.



Nous avons présenté différents projets de géothermie. Nous pouvons distinguer ces différents projets à travers leurs stratégies de développements : certains projets vont ainsi axer leur développement à travers la configuration du sous-sol – et sont ainsi orientés sous-sol –, d'autres selon les possibilités de débouchés – et sont ainsi orientés surface. Ces différentes stratégies vont influencer le portage technique, qui va s'adapter à ces contraintes : certains projets vont viser une configuration géologique particulière, tandis que d'autres vont chercher à s'en affranchir. Les différents projets peuvent également se distinguer par leur inscription au sein de différentes trajectoires socio-techniques. Ainsi, certains territoires ont connu, de par leur histoire, une spécialisation sur la thématique du sous-sol, comme en Alsace, à Pau ou à Parentis, tandis que d'autres n'ont pas cette coloration sous-sol, comme en Haute-Sorne ou à Saint-Pierre-Roche. Parmi ces différents projets, certains vont faire l'objet de débats, mais avec des modalités différentes : si le projet de Pau se cantonne à un « débat d'experts », d'autres projets vont connaître une médiatisation et une opposition plus ou moins forte – avec une judiciarisation du conflit en Haute-Sorne, par exemple – ou au contraire ne pas connaître d'opposition comme à Parentis.

Cependant, on peut se demander dans quelle mesure la réussite ou l'échec de ces projets reposent sur ces questions d'acceptabilité sociale. Dans le chapitre suivant, nous étudierons plus en détail ces questions d'acceptabilité et la part qu'ont les populations dans le déroulement des projets.

CHAPITRE 6 – L'ACCEPTABILITÉ SOCIALE N'EST QU'UNE PARTIE DU PROBLÈME

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté nos différents terrains d'études. Les différents acteurs industriels s'appuient sur des projets de recherche et de développement – en se fondant en partie sur un financement public – pour développer des projets industriels, sous la forme de projets pilotes le plus souvent. L'enjeu est ainsi de permettre le développement de la géothermie profonde dans une diversité de contextes géologiques, et plus seulement au sein de bassins sédimentaires, notamment le Bassin parisien. Pour cela, les industriels vont développer différentes stratégies : soit viser une structure géologique particulière, au risque de dépendre de sa localisation, soit développer une centrale indépendante de son contexte géologique.

Si notre chapitre précédent s'est attaché à une présentation des différents projets – en appuyant sur le contexte local, les spécificités techniques, et les éventuelles réactions parmi différents groupes d'acteurs –, nous souhaitons, dans ce chapitre, relire les mises en débat de ces projets sous l'angle de l'acceptabilité sociale. En toile de fond, une question – qui a aiguillé le projet de recherche dans lequel s'inscrit cette thèse – se pose : quel rôle joue l'acceptabilité sociale dans la réussite ou l'échec des projets industriels ? Si, à supposer qu'il soit possible de trancher définitivement sur le succès ou l'échec d'un projet, on peut difficilement apporter une réponse tranchée et définitive – *a fortiori* dans des projets qui sont parfois encore en cours de développement et dont il est difficile de prédire l'issue, nous proposerons d'esquisser quelques pistes qui permettront de répondre avec nuance à cette question.

L'acceptabilité sociale peut être vue comme une « mise en épreuve » d'un dispositif technique (Barbier, Nadaï 2015). Ce concept d'« acceptabilité sociale » est néanmoins polysémique et parfois même un « mot valise », qui fait qu'elle est parfois floue, non

stabilisée. Ce concept est hérité des recherches en sciences de gestion, qui cherchaient à légitimer les actions des entreprises, et où l'opposition à un projet pouvait le compromettre, et donc conduire à un risque financier pour l'entreprise (Raufflet 2014). Ainsi, il peut être parfois confondu, souvent volontairement, avec une *social licence to operate* (permis social d'exploitation), c'est-à-dire l'assentiment qu'à un opérateur d'agir pour voir l'approbation du public, et les processus de concertation nécessaires (et potentiellement de modifications) autour d'un projet. De cette confusion naît la notion d'acceptabilité sociale. Comme le démontre Pierre Batellier (2015; 2016), cette expression est polysémique, et nous propose de cadrer le débat autour de cette expression. L'enjeu est important : en effet, selon la définition choisie, les attentes des uns et des autres vont alors différer. P. Batellier définit un certain nombre de « postulats » sous-jacents à l'acceptabilité sociale, qui vont orienter la mise en débat d'un projet :

- Un premier type de postulat est de voir l'acceptabilité sociale comme une finalité : il faut réduire les oppositions pour permettre la mise en place des projets. Il y a ainsi une vision utilitariste de l'acceptabilité sociale. L'opposition est alors vue comme quelque chose de déviant qui doit être « remis en place ». S'il y a une mise en place d'un conflit, cela est perçu comme un échec et il faudrait l'éviter. De même, il y a une recherche d'éviction de tout ce qui pourrait être perçu comme de l'ordre des émotions et des « idéologies ». À cette proposition de Pierre Batellier, nous ajoutons que nous savons, depuis les travaux sur le constructivisme, que les différents points de vue sont situés, et ne sont pas exempts d'émotions et d'idéologies ; les points de vue « neutres » étant le plus souvent ceux dominants. Finalement, il y a souvent la recherche d'une satisfaction de la majorité autour d'un projet comme d'un idéal à atteindre. Or cela est impossible, car il est difficile de définir un seuil, mais aussi passe outre des conséquences de situations sociales et politiques complexes.

- Un second type de postulat porte sur la perception des acteurs vis-à-vis des réponses du public concernant le projet. Le public est a priori perçu comme favorable au projet (car pourvoyeur d'emplois, répond à des critères de transition écologique, etc.). On va alors interpréter la présence ou l'absence de contestations comme des degrés d'accord ou de désaccord à un projet, nonobstant la variété d'opinions intermédiaires qui pourrait exister entre l'approbation et le rejet d'un projet.
- Un autre postulat est de percevoir l'opposition comme accordant de l'importance aux dimensions visuelles du projet, et notamment de la part des riverains (NIMBY pour *Not in my backyard*). Cette opposition est perçue comme individuelle et égoïste. Néanmoins, pour Hervé Flanquart (2020), le « nimbyste », loin d'être un égoïsme, est simplement la défense légitime de certaines valeurs par des individus, tel que l'espace vécu (à travers le paysage) ou d'intérêts économiques (la valeur des biens résidentiels). Un autre postulat est de réduire l'opposition à un « déficit d'information », en réaction face à une technologie nouvelle ou présentant un contexte social particulier, ou à une remise en cause d'une « légitimité » du développement descendant (Fournis, Fortin 2015). Il faudrait alors faire de la « pédagogie » pour remplir ce déficit, et faire accepter les projets. Un autre postulat est que les opposants seraient en déficit de confiance envers les promoteurs du projet et/ou les institutions légitimes ;
- Un troisième type de postulat est la mise en place de stratégies pour influencer positivement l'opinion du public vis-à-vis du projet. Cela peut être à travers une compensation (monétaire). Cela est aussi l'apport d'informations complémentaires, bien qu'il ait été démontré qu'il n'existait pas de corrélation entre connaissance et acceptation. Finalement, la participation du public peut également être mobilisée. Mais il existe de nombreuses limites : instrumentalisation

de la participation du public, ou une temporalité ne permettant pas forcément d'infléchir la trajectoire du projet.

Pour résumer les postulats définis par Pierre Batellier, on peut voir que l'« acceptabilité sociale » recouvre une multitude d'éléments définitionnels. Cela peut être vu comme une finalité à atteindre, c'est-à-dire à mettre fin à tout conflit éventuel, et pour lequel il faudrait agir sur sa source (les oppositions d'émotions ou d'idéologie, le sentiment d'injustice). L'acceptabilité sociale peut être vue comme un cadre mental d'essentialisation de la « population », nonobstant la singularité des individus qui la compose, et souvent en cherchant à les délégitimer. Cela peut être à réduire l'opposition comme une manifestation de défense d'intérêts égoïstes, d'ignorance ou de manque de confiance. L'acceptabilité sociale peut être finalement vue comme un ensemble d'outils pour modifier l'opinion vis-à-vis d'un projet : compensation financière, apports d'information ou pédagogie.

Ce cadrage, avec les postulats tels qu'identifiés, pose ainsi une aporie importante : la réussite du projet est conditionnée par un avis positif de la part de la population. Le cadrage est donc fondé sur la réception d'une population qui est essentialisée, non définie, et passant outre les dynamiques internes et les divergences potentielles au sein de la « population » qui n'est pas un groupe homogène. De manière plus générale, ce cadrage « par la population » occulte les dimensions économiques, politiques, etc. des projets, et oriente la focale à une échelle purement locale.

Pour dépasser cette conception, il peut être intéressant de se pencher sur les travaux présentés par Yann Fournis et Marie-José Fortin (2015). Selon ces auteurs, il est nécessaire d'avoir une analyse pluri-scalaire, permettant de voir les différents processus « d'acceptation » d'un projet, où les projets s'inscrivent au sein de contextes particuliers. Les deux auteurs distinguent l'acceptation (*acceptance*) comme une approbation d'un projet, et l'acceptabilité (*acceptability*) comme une adhésion en amont ou durant le

projet. Néanmoins, selon eux, cette différenciation oppose le social (qui accepte) et la technique (qui est acceptable). Pour eux, l'acceptabilité n'est pas seulement l'acceptation d'un projet, mais un processus politique qui permet de définir les conditions pour rendre acceptable un projet. La dimension politique est importante, parce qu'elle traite des questions de gouvernance, de rapports de force et de conflits d'un projet, et définit la trajectoire d'un territoire. Les deux auteurs vont alors proposer une approche pluriscale, du fait que les projets locaux s'inscrivent dans des dynamiques beaucoup plus larges. Le niveau « micro-social » correspond aux représentations sociales d'un objet. Cela renvoie aux processus de débat locaux que génère la réception d'un projet au sein d'un territoire. Le niveau « méso-politique » correspond aux processus de gouvernance d'un projet, et l'arrangement institutionnel de conflits et correspond aux processus de « négociations » entre les industriels et l'administration dans l'exploitation des ressources. Le niveau « macro-économique » est relié aux tendances de fond sur le long terme, dépendant des trajectoires nationales.

Si les théories de l'acceptabilité sociale proposent un certain nombre d'éléments intéressants (comme l'intégration de la dimension territoriale ou une approche protosystémique) dans son analyse, cette approche est nécessaire, mais insuffisante. En effet, si les théories de l'acceptabilité sociale permettent d'avoir une approche sociale du phénomène étudié, elles se retrouvent rapidement limitées en ne proposant qu'une simple dichotomie « population/projet », avec des « populations réceptrices » du projet (souvent présentées comme un groupe social homogène), oubliant tous les jeux d'acteurs qui portent le projet, et surtout en postulant dès le départ que le projet serait « bon » en soi, nonobstant la construction technique et politique de l'objet étudié. Ainsi, il faut plutôt voir l'acceptabilité sociale comme un processus politique de négociations, de rapports de forces et pouvoirs (Lemieux 2007), dont l'enjeu est d'arriver à un compromis acceptable par les différentes parties prenantes, pouvant parfois remettre en question les dimensions techniques et économiques du projet.

La question de l'acceptabilité sociale de la géothermie est également traitée par la littérature (Spijkerboer et al. 2022). Si ce sujet revient régulièrement sous le prisme de la communication publique traitant de la question, la littérature tend de plus en plus à montrer que les réactions des acteurs dépendent de contextes locaux (Ejderyan, Ruef, Stauffacher 2019; 2020; Vargas-Payera, Martínez-Reyes, Ejderyan 2020; Chavot et al. 2018), ainsi que du cadrage médiatique (Stauffacher et al. 2015). Par exemple, dans le cas suisse, Olivier Ejderyan *et al.* montrent comment les politiques publiques énergétiques, les projets de recherche, mais aussi les expériences passées – à travers notamment les exemples de Bâle et de Saint-Gall – influencent le portage de ces technologies. Les auteurs prônent ainsi une inclusion précoce et importante de la participation publique, notamment pour gouverner le risque, en favorisant les initiatives ascendantes de gouvernance et la coordination entre les échelons locaux et nationaux. La question de la gouvernance du risque peut également passer par la mise en place de bonnes pratiques techniques de mitigation de risques (Trutnevyte, Wiemer 2017). Au-delà de ces éléments de gouvernances du projet, la littérature (Spijkerboer et al. 2022) s'attache à la construction d'objets sociotechniques ou à l'imaginaire associé comme éléments de compréhension dans le développement de la géothermie.

Ce détour par la littérature permet de mieux comprendre la question de l'acceptabilité sociale appliquée à la géothermie. La littérature propose de dépasser la question de présentation des risques et bénéfices et de se concentrer de manière plus détaillée sur le contexte local, à travers le portage des projets, ainsi que la participation du public dans la gouvernance de la technique.

Ce chapitre pose la question de la part de l'acceptabilité sociale dans l'échec des projets. Pour cela, nous allons regarder projet par projet, en regardant les différentes dimensions de l'acceptabilité sociale, et plus particulièrement la gouvernance autour de ces projets.

1. En amont : une expression de la part des populations lors de l'enquête publique

D'un point de vue réglementaire, l'enquête publique consiste à présenter le projet à la population, et à recueillir son avis. Si cette procédure existe tant en France qu'en Suisse, dans le cas français, elle arrive tardivement – lorsque le projet est abouti –, et est soumise à l'avis d'un tiers indépendant – le commissaire enquêteur –, sur la base des avis de la population et de l'étude du dossier⁸². Si, d'un point de vue réglementaire, cela présente un intérêt d'information du grand public sur la mise en place de projets, mais également la prise en compte des différentes parties prenantes, ainsi qu'un intérêt pour le chercheur, en permettant d'identifier les principaux arguments de soutien ou de rejet d'un projet par les différentes parties prenantes.

1.1. Un projet qui n'est pas remis en question : l'exemple de Pau

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que le projet de Pau avait généré des questionnements de la part du monde de la technique. En effet, contrairement à d'autres enquêtes publiques, celle de Pau regroupe seulement douze interventions, exprimant soit un soutien du monde économique – pôle de compétitivité, bureau d'études, entreprises –, soit des remarques techniques. En effet, quatre anciens foreurs pointent des réserves quant à la faisabilité du projet, et portant essentiellement sur des points techniques : des problèmes de pression du fait que le réservoir visé a servi à la production des hydrocarbures. Cependant, lors de cette enquête publique, malgré les remarques émanant du monde de la technique, le projet n'est pas remis en cause du fait d'un éventuel « déficit d'acceptabilité sociale » (qui n'est pas visible de la part des personnes

82 COMPAGNIE NATIONALE DES COMMISSAIRES-ENQUÊTEURS. *Qu'est ce qu'une enquête publique ?* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 18 octobre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.cnce.fr/quest-ce-quune-enquete-publique>.

ayant participé à l'enquête publique), et une indifférence de la part des riverains – n'ayant pas participé à cette enquête.

Pourtant, dans un article publié dans le journal Sud-Ouest en décembre 2020⁸³, on apprend que le projet est définitivement abandonné à Pau – après une période d'incertitude quant à l'avenir du projet. La raison avancée est l'arrêt du soutien de l'ADEME en 2019⁸⁴ du projet Fongeosec, représentant une partie des financements du projet. À l'époque, l'entreprise pointait que l'arrêt des financements ne compromettait pas l'avenir du projet, retardant seulement l'échéance de sa mise en place. Cette posture peut être analysée comme une annonce permettant de rassurer d'éventuels investisseurs ou partenaires du projet. Nous pouvons émettre des suppositions sur les motivations de l'arrêt du projet, comme étant la conjoncture de plusieurs facteurs : malgré la position rassurante de l'opérateur, l'arrêt du soutien marque un coût financier trop important dans le modèle économique du projet. En sus, entre l'arrêt du soutien de l'ADEME en 2019 et l'abandon du projet par Fonroche en 2020, a eu lieu entre-temps la série de séismes à Strasbourg (fin 2020), dont l'opérateur était accusé d'être à l'origine responsable, responsabilité qui a été confirmée. L'arrêt administratif du projet de Vendenheim est une remise en cause importante de l'entreprise. Nous pouvons raisonnablement penser que cette dernière doit recentrer ses ressources financières et humaines sur la controverse suite aux séismes induits de Strasbourg, et en parallèle n'est plus en mesure de mener le projet palois.

83 CARBONNEL, Sophie. Séisme en Alsace, projet stoppé en Béarn... Fonroche accuse le coup. *Sud-Ouest* [en ligne]. 13 décembre 2020. [Consulté le 19 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.sudouest.fr/lot-et-garonne/roquefort/seisme-en-alsace-projet-stoppe-en-bearn-fonroche-accuse-le-coup-1636223.php>.

84 Le projet de géothermie profonde retardé...mais toujours sur les rails. *La République des Pyrénées* [en ligne]. 21 janvier 2019. [Consulté le 19 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.larepubliquedespyrenees.fr/economie/energie/le-projet-de-geothermie-profonde-retarde-mais-toujours-sur-les-rails-5167556.php>

Si le projet de Pau a eu un relatif soutien de la part du monde économique et a bénéficié d'une indifférence du public, il a été arrêté pour des raisons technico-économiques. Ce n'est pas là que l'acceptabilité pourra expliquer un refus de projet.

1.2. Une contestation du projet sur des critères environnementaux et paysagers : l'exemple de Saint-Pierre-Roche

Le projet de géothermie à Saint-Pierre-Roche a été présenté lors d'une enquête publique, entre le 22 février et le 25 mars 2021. À cette occasion, des riverains et des associations environnementalistes ont pu exprimer un avis. L'opposition, en sus des avis soumis au commissaire enquêteur lors de l'enquête publique, s'est manifestée à travers une pétition sur la plateforme Change.org. Le projet a également été médiatisé au sein de la presse quotidienne régionale, *La Montagne*.

Lorsque l'on étudie les verbatims de l'enquête publique, et notamment les lettres envoyées au commissaire-enquêteur, il est intéressant de voir les différents arguments qui ressortent d'une analyse qualitative. Au sein de l'enquête publique, sont évoqués la question paysagère et le cadre de vie « particulier » que défendent les habitants. Ainsi, certaines personnes insistaient sur « *la paisibilité (sic) des environs et la beauté des paysages* », d'autres insistant sur le fait qu'ils se sont installés là pour « *vivre notre projet de vie dans un bel endroit, à la campagne, loin de toutes nuisances* » ou la « *qualité de vie exceptionnelle* ». Ici, la ruralité, associée à un cadre de vie exceptionnel, n'entend pas être troublée par l'arrivée d'aménagements industriels. Souvent, cet argument était lié avec la proximité de la commune avec un site classé par l'UNESCO, et dont le projet menacerait le paysage : « *Enfin, la question de l'insertion paysagère d'un équipement industriel dans un territoire qui s'est battu pour être inscrit au Patrimoine mondial de l'Unesco (même si on est à la limite du périmètre)* », « *En effet, ce projet est prévu dans la Chaîne des Puys. L'image propagée par les médias, la Région, les offices de tourisme est (sic) celle d'un poumon vert, d'espaces naturels et protégés où l'on trouve calme et beauté des paysages.* ». Le classement de l'UNESCO

de la Chaîne des Puys, se trouvant à proximité du projet, peut être perçu comme une tentative de « légitimer » l'argumentation paysagère et du cadre de vie, en sortant d'un certain « égoïsme » – qu'on pourrait parfois qualifier de NIMBY – en le rattachant à un élément institutionnel – le classement UNESCO jouant un rôle de « labellisation » du site. Même si le projet se trouve à l'extérieur du périmètre classé, la proximité d'un site perçu comme « remarquable » justifie aux yeux des habitants, par effet d'analogie, un refus du projet.

Dans un second temps vient l'argument de la protection de la biodiversité. Le plus souvent, c'est un argument peu développé – n'étant pas au cœur de leur argumentaire – se limitant à une réponse du style « *la destruction d'espèces protégées* ») ou en s'appuyant sur le rapport de l'autorité environnementale, notamment en énumérant les espèces protégées menacées, sans forcément proposer un développement précis sur ce sujet. Un autre point récurrent est la question de la sismicité. Souvent, les habitants font référence aux incidents passés – notamment de Vendenheim – pour étayer le risque présent sur leur territoire, en insistant parfois sur la sismicité naturelle ou la présence de bâtiments anciens qui ne respectent pas les normes sismiques. Souvent, ce point était couplé avec la question de l'indemnisation en cas de dégâts causés par la sismicité, ainsi que la dévaluation immobilière. Une crainte accentuée par le fait que l'entreprise porteuse (Géopulse) était jeune et avait un faible capital (1 000 €), bien que cette dernière soit une entreprise de projet, porté par Storengy et TLS Geothermics.

On trouve également un certain nombre de remarques sur la génération de nuisances sonores, vibratoires, etc. liée aux travaux et à la sécurité du projet. Plusieurs personnes pointaient les risques de « *stress* » et d'« *anxiété* » liés à ces problématiques ou simplement tranchaient avec la quiétude des lieux. D'autres pointent des faiblesses dans l'étude, notamment avec la possibilité d'entendre du bruit sur de longues distances du fait de configurations locales.

De manière complémentaire, on note la crainte de pollutions, notamment la pollution de l'eau – en particulier pour la rivière de la Miouze, qui se trouve dans le périmètre du projet. Dans son document, FNE pointe ainsi un conflit d'usage dans l'utilisation de l'eau de cette rivière, notamment dans les périodes d'étiage, dans un contexte de stress hydrique et de négociation entre les acteurs (Volvic, les agriculteurs...) que viendrait accentuer la géothermie.

Un autre point qui cristallise les débats est la question du lithium. En effet, les porteurs de projet parlaient d'une prospective d'extraction du lithium. Les habitants avaient une suspicion que le but véritable du projet était *in fine* l'extraction du lithium sous couvert de production électrique, qui ferait que le projet ne serait plus un « *projet écologique* ». Ainsi, aux yeux des habitants, la question du lithium délégitimerait complètement l'aspect énergie renouvelable – ce qui pose d'autres questions sur la perception du lithium, que nous ne traiterons pas dans cette thèse.

De manière plus générale, il y avait un « choc de valeurs ». En effet, le projet était perçu comme « faussement écologique », dans la mesure où la géothermie est perçue comme une forme de verdissement de l'industrie énergétique. Ce conflit dans le futur désirable se manifeste notamment par une opposition du projet par une forme alternative de la transition énergétique, qui serait « *low tech, soutenable, non invasive pour le vivant (humains compris) et ses supports naturels, et réfléchi localement* ». Des solutions alternatives de production électrique sont proposées, comme le photovoltaïque : « *l'énergie solaire en toiture est insuffisamment exploitée dans notre région et atteindrait un niveau de production d'énergie propre quasi égal à ce que produirait la géothermie profonde, et ce sans contrainte !* ». On peut s'interroger sur l'équivalence faite ici entre la *low tech* et le photovoltaïque. En effet, cette technologie, de par les terres rares et le silicium qu'elle mobilise, peut difficilement rentrer dans cette catégorie qui peut être définie comme plus sobre en ressources (Bihouix 2014). Une hypothèse que l'on peut faire est une question de représentation entre deux types de technologies : la géothermie est alors perçue

comme un grand projet industriel, avec de lourdes conséquences foncières, alors que les panneaux solaires sont perçus comme quelque chose de plus « léger » qu'il est possible d'installer sur les toits des maisons de particuliers – oubliant l'existence des centrales solaires industrielles également gourmandes en ressources et en foncier pour produire une puissance électrique équivalente.

Ainsi, la vision de la transition énergétique soutenue est plus proche de la décroissance, ou d'une forme de « sobriété » – ou du moins, une représentation de celle-ci –, que celle d'une croissance verte. Cela est accentué par la méfiance envers le monde privé : *« La question de l'indépendance énergétique est une question stratégique qu'on ne peut laisser aux seuls intérêts privés. Ce projet, en l'occurrence, n'implique ni la collectivité, ni le citoyen dans sa réalisation. Pourtant, cet élément nous paraît essentiel, notamment dans l'optique de l'acceptation de la population quant à l'implantation de projets de production d'énergies renouvelables sur les territoires. »*. Il est reproché à l'entreprise de venir sur un territoire dans un but purement capitaliste, en faisant une opposition habitants et biodiversité versus entreprise : *« Nous allons tous perdre avec votre projet qui vous par contre va vous enrichir », « Biodiversité sacrifiée au nom de la finance »*. Ainsi, il y a de manière plus globale une critique envers un modèle de transition tel que pratiqué, et un souhait d'une transition plus décroissante.

Finalement, les habitants ont fait une critique d'un « manque de démocratie », où le projet est, à leurs yeux, imposé aux habitants sans consultation. Il est proposé de mettre en place un « conseil scientifique et citoyen sur notre département, associant experts indépendants, représentant des élus des communes concernées par les différents PER « géothermie profonde », représentants d'associations, comme cela se met en place sur l'Eurométropole de Strasbourg. », une « conférence citoyenne » ou un « comité d'experts indépendants » face à un projet qui *« n'implique ni la collectivité, ni le citoyen dans sa réalisation »*. On peut se questionner quant à cette demande de comité. Est-ce une conséquence du mouvement des gilets jaunes (notamment à travers la revendication d'organiser des « référendums d'initiative

citoyenne ») ou la mise en place d'une démocratie technique telle décrite par Michel Calton ?

De manière quasi systématique, il était également pointé un manquement de transparence, de communication ou d'informations sur ce projet, même si des personnes se plaignaient d'avoir trop de documents à traiter dans le peu de temps imparti. D'autres se plaignent des restrictions dans l'accès *in situ* du fait du contexte sanitaire – justifiant des réunions avec une jauge limitée de personnes –, du peu de réunions d'information ou du faible délai pour pouvoir s'exprimer. Ce manquement semble susciter une certaine méfiance localement.

Une analyse lexicométrique permet d'affiner la structure argumentative à travers les différentes sphères sémantiques. Deux opérations algorithmiques ont été réalisées. Premièrement, nous avons opéré une classification hiérarchique descendante selon la méthode Reinert, pour identifier les différents « mondes » sémantiques. Dans un second temps, nous avons réalisé une analyse factorielle de correspondance, afin de voir la proximité entre ces différents axes. Nous avons divisé un corpus de 133 textes en deux sous-corpus : un corpus « riverains » (128 textes, 73 183 mots), reprenant les remarques des particuliers, et un sous-corpus « associations environnementalistes » (5 textes, 22 200 mots) émanant d'institutions (EELV, FNE63×2, Puy-de-Dôme Nature Environnement).

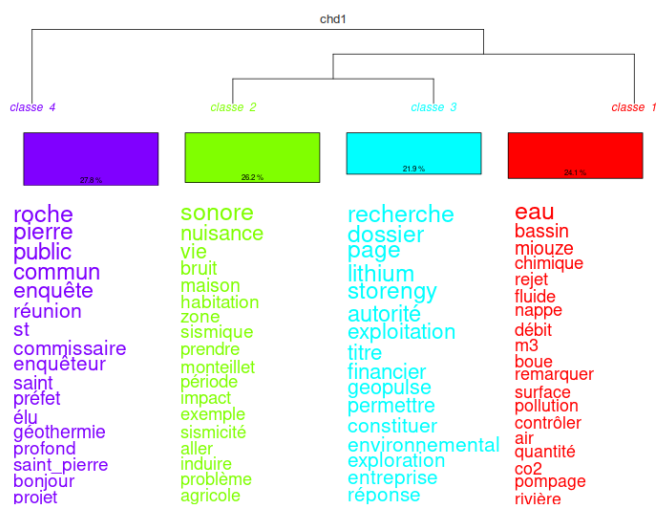
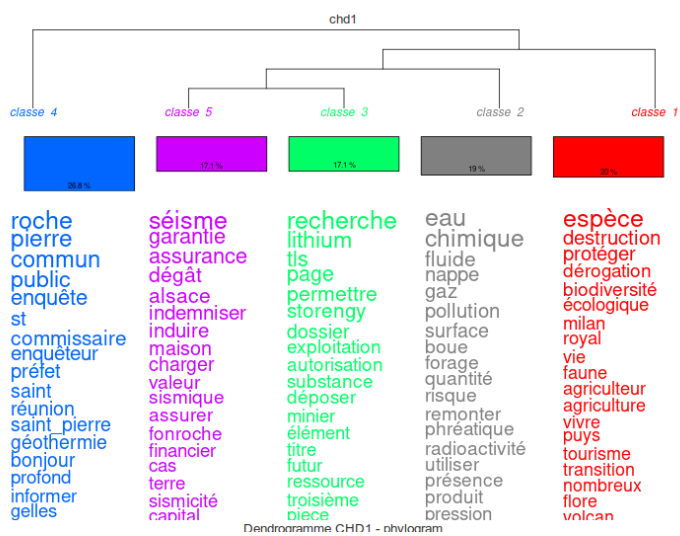


Figure 25: Dendrogramme du corpus global



Dendrogramme CHD1 - nhvlooram

Figure 27: Dendrogramme du sous-corpus « riverains »

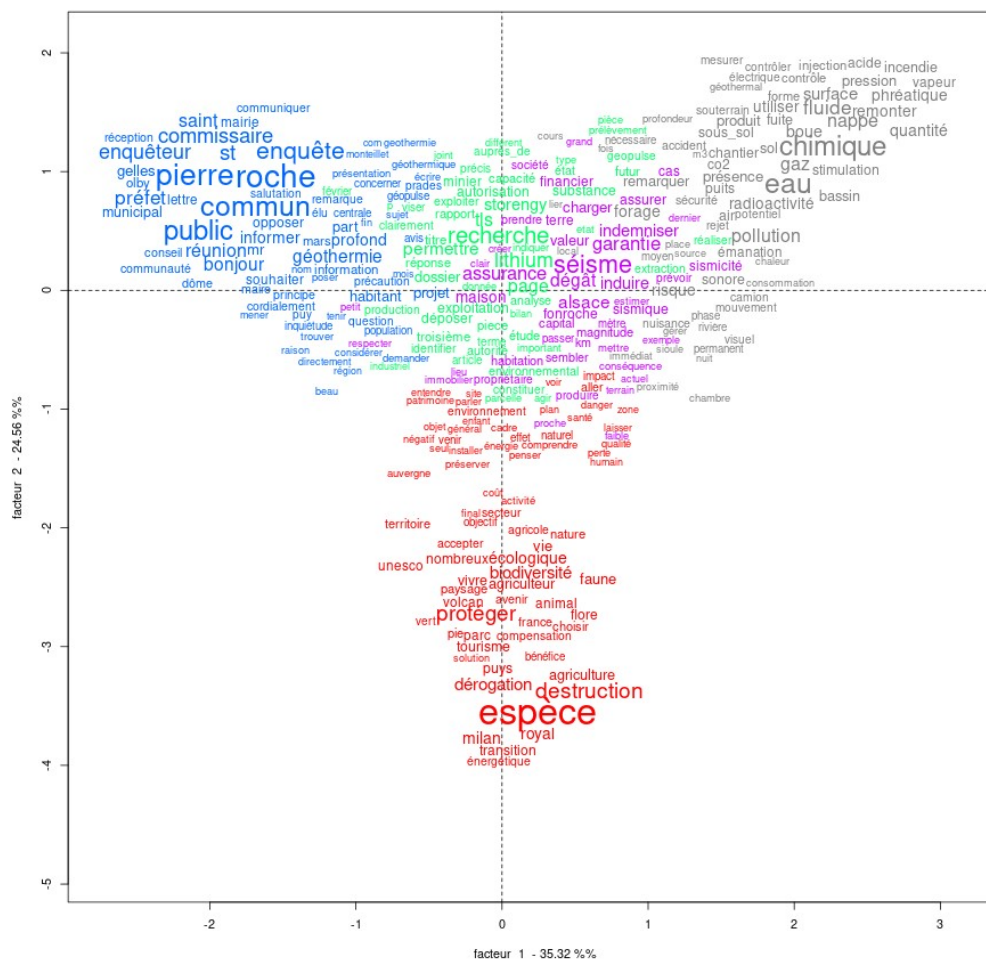


Figure 26: AFC du sous-corpus « Riverains »

Une classification hiérarchique descendante nous permet de voir les différentes sphères sémantiques, et donc les thèmes abordés lors de ces échanges (figure n°25). La classification regroupe 99,96 % du corpus. On peut voir émerger quatre classes. La classe 4 est isolée, d'un point de vue lexicométrique, des quatre classes. Les classes 2 et 3 sont liées entre elles, c'est-à-dire faisant partie d'un même ensemble. La classe 4 interpelle le commissaire enquêteur, mais n'apporte pas d'arguments concernant le projet. Cette classe recouvre 28 % du corpus. La classe 1 (24 %) concerne la question des pollutions, avec entre autres la question au sein de la rivière de la Miouze. La classe 2 (26 %) concerne la question des nuisances sonores. La classe 3 (22 %) parle de manière plus spécifique de la question du projet de recherche minier, parlant tant de l'entreprise que la question du lithium.

Lorsque l'on s'intéresse au sous-corpus « Riverains », nous obtenons un dendogramme (figure n°27), avec une classification recouvrant 100 % du corpus. On voit un « emboîtement » fort de l'argumentation avec une branche (classe 4) des sous-branches (classe 1), sous-sous branche (classe 2) et sous-sous-sous-branche (classes 3 et 5). La classe 4 (27 %) est l'apostrophe du commissaire-enquêteur.

La classe 1 (20 %) concerne la protection de la biodiversité, notamment en parlant de l'impact du projet sur des espèces protégées (milan royal, pie-grièche). La classe 2 (19 %) concerne la pollution. Ainsi, il est évoqué la pollution engendrée par le forage, notamment à travers la nappe phréatique ou la remontée de produits radioactifs. La classe 3 (17 %) concerne la crainte de recherche de lithium de manière connexe à la production d'électricité. La classe 5 (17 %) concerne la crainte du risque sismique, et notamment les conséquences sur les biens immobiliers. Ainsi, si on regarde la structure argumentative, si les questions de la pollution et de la biodiversité sont présentes, on voit une forte imbrication des questions du lithium et du risque sismique.

Cette structuration se retrouve au sein du graphique AFC (figure n°26). Le premier facteur (35 %) sépare nettement la classe 4 (apostrophe du commissaire enquêteur) des classes 5 (sismique) et 2 (pollution). Les classes 1 (biodiversité) et 3 (lithium) se trouvent au milieu de cet axe. Le second facteur (24,5 %) sépare clairement la classe 1 des classes 2, 3, 4, 5. Autrement dit, le second facteur sépare très clairement l'argumentation de la biodiversité vis-à-vis des autres arguments. C'est donc un argument « isolé » et peu en lien avec le reste.

On peut ainsi résumer l'imbrication argumentaire en trois grandes familles. La première famille, dans le premier quart, est une interpellation du commissaire enquêteur (et n'est donc pas un argument). La seconde famille, dans le second quart, regroupe les arguments de sismicité et de pollution : c'est ainsi un argumentaire de type « défense contre des externalités négatives ». La troisième famille est l'imbrication de la classe du lithium et de la biodiversité, se trouvant au milieu (ou quasi-milieu pour la classe biodiversité) de l'axe du facteur 1, montrant un isolement de cet argumentaire au sein de l'argumentaire global.

Si on regarde le sous-corpus « associations environnementalistes », quatre sphères sémantiques sont présentes (voir figure n°29). Une branche (classe 1), une sous-branche (classe 3), et une sous-sous branche (classe 2 et 4). La classe 1 (28 %) évoque que l'autorité environnementale doit analyser les incidences du chantier. La classe 3 (27 %) parle de la procédure de l'enquête publique. La classe 2 (24 %) évoque la question du séisme et de la sismicité, notamment en évoquant les précédents alsaciens, suisse, ou coréen. La classe 4 (21 %) parle de l'impact sur l'eau, notamment la question du prélèvement d'eau menaçant l'étiage. De ce fait, les classes 2 et 4 parlent vraiment des risques associés au projet, et 1 et 3 concernent la procédure.

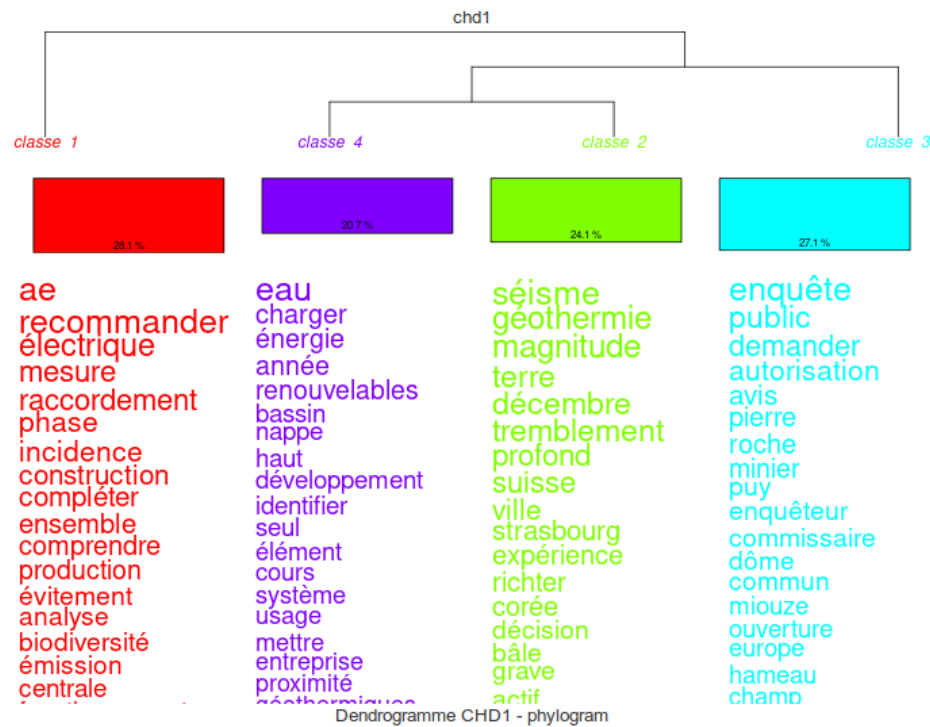


Figure 29: Dendrogramme du sous-corpus « associations »

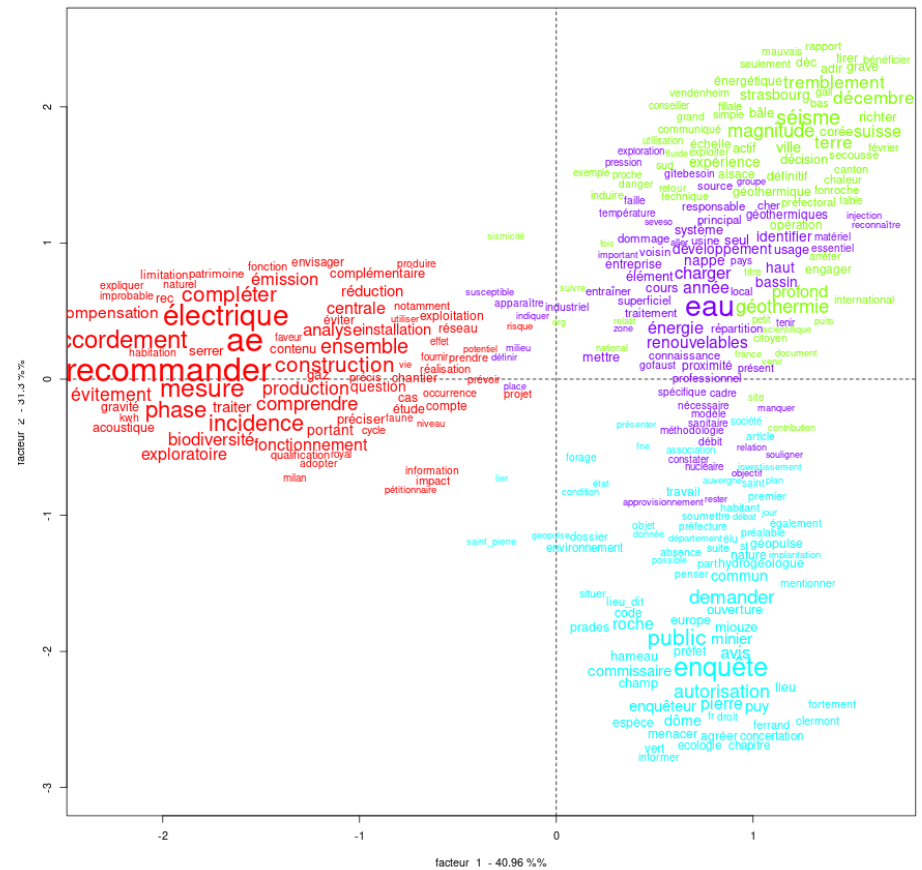


Figure 28: AFC du sous-corpus « associations »

Dans l'AFC (figure n°28), le facteur 1 (41 %) sépare la classe 1 (AE) des classes 2 (séismes), 3 (enquête publique), 4 (eau), et le facteur 2 (31 %) sépare la classe 1, 4, 2 de la classe 3. De ce fait, on constate que les classes parlant des risques (2 et 4) se trouvent au sein de la même zone, tandis que les questions de l'autorité administrative ou l'apostrophe du commissaire enquêteur se retrouvent isolées. Ainsi, il y a une imbrication importante de la question de la sismicité et de l'eau.

L'analyse du discours des associations environnementalistes révèle ainsi un focus sur trois éléments : la question de la biodiversité, avec un argumentaire fondé sur l'avis de l'Agence environnementale ; la question de la sismicité, avec le précédent alsacien ; la crainte de la pollution de l'eau.

Ces analyses ont permis d'identifier les points saillants du débat, ainsi que l'imbrication de l'argumentaire par les différents acteurs, avec une différenciation entre les riverains et les associations environnementalistes.

Pour les associations environnementalistes, l'argumentaire est essentiellement fondé sur la question de l'eau, à travers une dénonciation des menaces potentielles, en termes de débit (notamment l'étiage) ou des risques de pollutions probables, craignant ainsi un conflit d'usage. La question de la sismicité est également revenue, notamment en faisant appel à de multiples exemples passés (exemples de Bâle, de la Corée, de Strasbourg). L'argumentaire des associations fait également référence à l'autorité environnementale, notamment concernant la nécessité d'études complémentaires pour mieux cerner les incidences.

Concernant les riverains, de nombreux arguments sont revenus, plus ou moins mobilisés. Ils peuvent être classés en plusieurs catégories : une première catégorie, révélée lors de l'analyse qualitative, révèle la défense d'un cadre de vie. Cela se manifeste notamment à travers la défense d'un certain type de paysage, jugé rural ou « naturel », qui serait « défiguré » par la construction de la centrale. Cet argument est appuyé par l'évo-

cation de la proximité du parc UNESCO ou de l'activité touristique. Une seconde catégorie serait un refus des externalités négatives du projet. Cela se traduit notamment par l'évocation de la sismicité induite et des conséquences sur les biens immobiliers. Sont également évoquées les différentes nuisances, qu'elles soient sonores ou vibratoires. Cela s'est traduit également par la question de divers polluants (notamment radioactifs) risquant de « contaminer » le milieu, et notamment la rivière. Cela se traduit également, de manière distincte (en tout cas sur l'AFC) par la menace que cela pèserait sur la biodiversité. Une troisième catégorie serait plus une opposition de modèle. Cela se traduit par une contestation de l'exploitation possible du lithium qui délégitimerait l'aspect énergie renouvelable du projet. De manière plus globale, il y a une critique du modèle de la transition énergétique, portée par des entreprises privées avec un investissement lourd en technicité, en proposant un modèle alternatif de la transition énergétique, considéré comme « *low tech* » ou sobre, fondé sur le photovoltaïque, avec une participation plus importante du « citoyen », avec une gestion de la ressource énergétique plus « en commun ».



De ce fait, les associations environnementales ont un argumentaire essentiellement fondé sur les risques environnementaux. Les riverains ont un argumentaire situé, en refusant un projet dont ils jugeraient qu'il dégraderait leur environnement immédiat, tout en faisant une montée en généralité à travers une critique d'une forme de développement et de transition énergétique. Dans cette étude de cas, l'acceptabilité pourrait jouer un rôle, du fait de la mobilisation de différents acteurs. Néanmoins, il est difficile de pouvoir trancher quel rôle ils pourraient jouer, le projet étant toujours en cours de développement. Il serait intéressant de voir comment le porteur de projet s'empare et intègre les critiques, afin d'infléchir sa trajectoire.

1.3. L'opposition à un projet, par crainte d'un risque industriel : l'exemple de Port-aux-Pétroles

L'exemple du projet à Port-aux-Pétroles est un cas permettant d'illustrer comment la contestation d'un projet a conduit à son déplacement au sein d'un autre site. L'enquête publique regroupe 135 contributions en français et 756 en allemand. Si les contributions en allemand consistaient en la diffusion d'une même lettre, en français, les thèmes récurrents étaient, dans l'ordre décroissant de fréquence – selon le rapport du commissaire enquêteur – la localisation du site, l'impact sur les populations et le bâti, la sismicité et l'impact sur l'environnement. La majorité des avis étaient défavorables au projet.

Une partie de l'opposition du projet était axée sur le lieu d'implantation du projet, qui était sur une zone industrielle classée comme étant à risque :

« Et on est aussi à quelques dizaines de mètres de ce qu'on appelle le Port-aux-Pétroles, qui fait partie du port de Strasbourg [...], et qui historiquement [...] fait l'objet [...] d'un PPRT, plan de prévention des risques technologiques, parce qu'au sein de Port-aux-Pétroles, vous avez six entreprises [...] qui sont classées SEVESO haut, c'est-à-dire des entreprises très dangereuses. Donc à proximité, certes du Rhin, mais surtout à proximité des habitations. » (Strasbourg_Association4, représentant d'une association de riverains)

En effet, le site de Port-aux-Pétroles, comme son nom l'indique, est un site de stockage de produits pétroliers, et fait l'objet d'un plan de prévention des risques technologiques (PPRT)⁸⁵, un document produit par la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), afin de limiter les risques de propagation et de contamination de ces produits chimiques. La question est particulièrement sensible pour les habitants. En effet, une association de riverains s'était mobilisée en 2013, avant l'enquête publique pour le projet de Fonroche, lors de la mise en place du PPRT⁸⁶,

85 PPRT *Port aux pétroles - DREAL Grand Est* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 20 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/pprt-port-aux-petroles-r6504.html>

86 PPRT du port aux pétroles – ADIR [en ligne]. 10 juin 2013. [Consulté le 20 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.adirobertsau.fr/pprt-du-port-aux-petroles/>.

craignant notamment une mauvaise prise en compte du risque industriel. Deux années plus tard, lors de l'enquête pour le projet de Fonroche en 2015, la crainte d'un accident industriel – ici provoqué par un éventuel séisme qui entraînerait par réaction en chaîne une pollution – ravive ces craintes. C'est dans ce contexte qu'est née cette mobilisation.

Le contexte transfrontalier de Strasbourg explique les nombreuses contributions allemandes à l'enquête publique :

« Sans l'histoire de la géothermie, dont personne, disons en 2014, n'a entendu parler de géothermie, si ce n'est en 2014, on découvre, par l'intermédiaire d'une association allemande, parce qu'on est frontaliers et dans toutes les associations, que ça soit l'ASSER ou d'autres associations, on a des lieux avec des associations de l'autre du côté du Rhin [...] on a plusieurs structures associatives avec lesquelles on échange régulièrement, au moins une fois par an, on sort ensemble, on parle des problèmes qui nous concernent. Pourquoi ? Parce que, en face du Port-aux-Pétroles [...] de l'autre côté du Rhin, [nous trouvons] la ville de Kehl, qui a beaucoup d'industries. [...] On sait très bien aujourd'hui que les industries des deux côtés ont des incidences. Et à ce titre-là, les Allemands ont découvert, mais [inaudible] parce qu'eux ils sont assez branchés géothermie, il y a des tests qui ont été faits dans les années 1990-2000 dans plusieurs villes allemandes et ça, c'était assez mal passé entre les tremblements de terre à Bâle, les tremblements de terre et les glissements de terrain un peu plus au nord donc en Allemagne, eux ils avaient renoncé aux projets de géothermie en Allemagne. »
(Strasbourg_Association4, représentant d'une association de riverains)

On peut supposer que la population allemande est sensibilisée à des événements autour de la géothermie. En effet, la proximité linguistique avec la Suisse a certainement permis une diffusion médiatique des projets de Bâle et de Saint-Gall en Suisse, se situant dans des villes majoritairement germanophones. En sus, un projet de géothermie à Laudau, à l'ouest de l'Allemagne, avait généré une série de séismes en 2009. Ces diverses expériences ont pu ainsi forger une réticence envers la géothermie, qui s'est manifestée à travers l'enquête publique. Cette réticence de par ces expériences germanophones, couplées avec le contexte local, a mobilisé la population :

« Donc, planter ce genre d'entreprises directement au Port-aux-Pétroles, c'était non pour nous, donc on a mobilisé les citoyens, on a mobilisé, on a cette chance aussi, c'est qu'il y avait des élections départementales à ce moment-là [...] donc on a pu mobiliser l'ensemble des candidats, qui ont tous estimé effectivement

que la ville de Strasbourg s'était un peu précipitée pour donner son accord pour ce terrain, et qu'il n'y avait pas assez de recul pour valider ce process à cet endroit-là, donc on a refusé, la ville de Strasbourg a dit voilà, elle renoncera à donner le droit au terrain, nous on a fait une mobilisation citoyenne, donc avec une mobilisation de 300 personnes à écrire à l'enquêteur public. [...] Donc on s'est mobilisés, tout le monde est allé ensemble pour écrire au commissaire enquêteur [...]. [Il] a rendu un rapport négatif pour Strasbourg, mais par contre a rendu un rapport positif pour les autres sites qui étaient envisagés. Et donc Strasbourg, à Port-aux-Pétroles, ça ne s'est pas fait. » (Strasbourg_Association4, représentant d'une association de riverains)

Cette mobilisation, dans un contexte électoral, remet en cause le projet, et participe à son abandon. Cela conduit alors localement à une inflexion de la gouvernance des projets (Chavot et al. 2021), se traduisant par la création d'une commission de suivi de sites, mais aussi un déplacement du projet sur un autre site, situé sur la commune de Vendenheim. L'enquête publique pour cette dernière a fait l'objet de 38 interventions, portant principalement sur des questions de protection de la nappe phréatique, du périmètre SEVESO – où l'industriel prévoyait plusieurs scénarios à l'intérieur et à l'extérieur du périmètre – et des risques de sismicité induite. Néanmoins, la mobilisation a été moindre qu'à Port-aux-Pétroles. Nous pouvons supposer que l'éloignement d'un site industriel a pu réduire la volonté pour les populations de participer à l'enquête publique, mais aussi que le projet de Vendenheim étant probablement perçu comme un compromis, à la suite de la controverse générée par le projet de Port-aux-Pétroles.

Si cette expérience de concertation est relativement ancienne – 2014-2015 –, cet élu fait un retour réflexif quelques années plus tard, en 2022 :

« Et après, effectivement, ce travail de la MIE a permis de décrypter ce qui s'est passé, et de revenir sur l'historique. On peut revenir dans les détails, mais *grosso modo* le fait que le droit minier actuel, l'encadrement réglementaire de ces projets qui touchent au sous-sol, à l'exploitation des ressources du sous-sol est très difficile, laisse peu de place au territoire concerné, que ce soit les collectivités ou les citoyens [...]. Que, l'expression d'opposition, à tel ou tel projet était difficile à faire entendre, non seulement à faire entendre, mais aussi à influencer... pas du tout en capacité d'influencer sur les projets. [...] Malheureusement, on peut le dire, c'est vrai dans la plupart des projets, mais c'est particulièrement vrai ici sur les projets miniers. Ça a permis aussi de revenir sur l'historique un peu, sur le bain culturel et l'ambiance assez euphorique qui prévalait, dans la dernière décennie ou ces vingt dernières années sur ce qu'on a pu appeler l'eldorado de la

géothermie en termes de transition énergétique de notre territoire. On s'est effectivement enthousiasmé, sur la potentialité que la géothermie profonde pouvait représenter en termes de transition énergétique et de place dans le mix énergétique futur, à construire, de notre territoire, à l'horizon 2050. Ce qui a été aussi rappelé lors des auditions et dans les travaux de cette MIE. Et cette ambiance de consensus et d'eldorado, qui associait à la fois l'écosystème économique, de recherche, les entreprises, énergéticiens, et du coup la collectivité qui est en charge de mettre en œuvre les politiques publiques de transition énergétique, a effectivement fait que les autres positions, ou les questionnements, étaient extrêmement peu audibles [...] et qu'on considérait que c'était des oppositions de voisinage, que l'on considérait que si certains habitants [...], c'était par un effet NIMBY, etc. donc on a très vite rejeté. Et ça c'était parce qu'on était tous convaincus que ça y est, c'est bon, la géothermie profonde allait nous apporter la conversion énergétique à moindres frais, parce que c'était les opérateurs industriels.» (Strasbourg_EMS, élu au sein de l'Eurométropole de Strasbourg)

Cet élu revient, de manière réflexive, sur la posture de certains acteurs lors de la mise en place de ces projets. Il pointe ainsi une « euphorie autour de la géothermie profonde », notamment portée par les élus, industriels ou le monde académique, et qui a, selon lui, minoré certaines oppositions, les limitant à une opposition de riverains. Ainsi, il pointait un discours, classique dans des controverses de projets (Flanquart 2020), opposant des riverains égoïstes face à l'intérêt général – ici la transition énergétique. Cette intervention s'inscrit dans un contexte particulier, post-séisme, et qui a donné lieu à une controverse intense. Une posture pro-géothermie – du moins celle portée jusqu'alors – est alors difficilement tenable politiquement, et où le consensus relatif autour de la géothermie est bien ébranlé. Néanmoins, on peut également voir dans son discours – et qui est confirmé par d'autres éléments au cours de l'entretien – par une volonté de promouvoir une forme de démocratie « participative » et « locale », cohérente avec les lignes du groupe politique dont fait partie l'élu – la majorité municipale de centre-gauche et d'Europe-Écologie-Les-Verts « Strasbourg écologique et citoyenne ». On peut ainsi voir, à travers son discours de « faire autrement », une volonté de faire une autre forme de concertation, pouvant répondre aux critiques de déficit de prise en compte de positions alternatives –, notamment en mettant en place une forme de démocratie technique, dont nous développerons plus en détail les modalités dans le chapitre 9.

Au-delà de simples aspects « d'acceptabilité » et un refus de riverains dans une logique de NIMBY, il peut être intéressant de regarder la question de la trajectoire sociotechnique. En effet, la mobilisation contre le projet de Port-aux-Pétroles s'inscrit au sein d'une mobilisation plus large des riverains contre un risque industriel, et où le projet de géothermie a fait émerger une crainte d'accentuation de ce risque. De plus, la mobilisation allemande pourrait, par un contexte de médiatisation, être marquée par le risque sismique – notamment au sein de médias en langue allemande – et dont la proximité géographique du projet a pu engendrer un intérêt pour ce dernier. Si la mobilisation face au projet du Port-aux-Pétroles a été intense, un compromis politique a été trouvé à travers son déplacement à Vendenheim, et où l'enquête publique a présenté une participation moindre.



Dans cette partie, nous souhaitons étudier la question de l'acceptabilité en amont des projets — à travers l'exemple de Pau, Saint-Pierre-Roche et Port-aux-Pétroles. Certains projets ont été arrêtés malgré un relatif soutien du monde technico-économique. Parmi les projets qui ont fait preuve de contestations – notamment durant l'enquête publique –, les points de frictions évoqués portent essentiellement sur les craintes d'impacts négatifs du projet sur l'environnement immédiat. Cependant, s'il est difficile de parler du devenir du projet de Saint-Pierre-Roche du fait qu'il est en cours de réalisation, on peut noter que la prise en compte de critiques à Strasbourg a permis de réduire les frictions. Ainsi, l'enquête publique peut être vue comme un moyen d'amender les projets, afin d'arriver à un accord entre les différents acteurs.

2. La prise en compte des parties prenantes : démocratie technique ou procédure contre un « risque social » ?

Si l'approche par l'enquête publique peut présenter un intérêt – notamment par la facilité d'accès aux données, qui sont le plus souvent en accès libre –, elle est vite limitée. En effet, cette approche part du postulat d'une vision unilatérale de l'acceptabilité sociale, où des projets aboutis doivent être « approuvés » par des populations, et où les modifications ne peuvent se faire que de manière marginale – et où la notion d'intérêt public est construite par les pouvoirs publics pour légitimer les projets, et où l'autorité publique est présentée comme omnisciente et ayant une position surplombante (Graber 2022). Nous avons pu voir, lors de nos entretiens, une approche plus dynamique, où les porteurs de projets ont cherché, de manière plus ou moins réussie, à contacter différentes parties prenantes. Néanmoins, nous nous interrogerons de la volonté de l'opérateur d'élaborer une véritable démocratie technique, ou à chercher, dans une vision procédurale, à réduire un éventuel « risque social », en consultant plus en amont ?

2.1. La mise en place de commissions avec des associations environnementalistes : l'exemple de Haute-Sorne

Lors de nos entretiens, une personne interrogée nous a affirmé :

« Alors, non, c'est un problème de technologie. C'est l'acceptabilité d'une technologie. Haute-Sorne, c'est un projet EGS avec de la stimulation hydraulique et ça oui, on a un problème d'acceptabilité. Le projet Lavey-les-bains, hydrothermal, pas de fracturation hydraulique, mais de la production électrique, zéro problème, on a eu zéro opposition au niveau de la délivrance du permis. Donc c'est un problème vraiment technologique. Je ne voudrais surtout pas, comme on voit beaucoup passer, même par des chercheurs suisses, dire que la géothermie a un problème d'acceptation en Suisse, c'est faux, la géothermie pour la production d'électricité a un problème d'acceptation publique en Suisse, c'est faux, la technologie EGS a un problème d'acceptabilité en Suisse, ça, c'est vrai. On ne peut pas tout mettre dans le même panier. » (Suisse_OFEN, spécialiste énergies renouvelables à l'office fédéral de l'énergie)

Cet extrait d'entretien permet de se demander si, comme dit le spécialiste, le projet de Haute-Sorne, en tant que projet EGS, présente un problème d'acceptabilité ?

Le projet de Haute-Sorne, a fait l'objet, comme nous avons pu le voir précédemment, d'un cadre législatif *ad hoc*, à travers le plan spécial cantonal. À cette occasion, plusieurs opérations ont été menées, par différents acteurs. En 2014, le Canton a mis en place une phase d'information publique, où les opposants pouvaient motiver leur position. En parallèle, le porteur de projet a mis en place un « groupement d'accompagnement » durant la phase de planification du projet, entre 2013 et 2016.

« Indirectement, toute la population ou directement la population a été impliquée, puisqu'il y avait ce dépôt public dans la procédure qu'on appelle l'information-participation, qui oblige le porteur de projet à expliquer son projet à la population, il peut le faire par différents moyens, mais là il y avait vraiment une séance publique où la population a été conviée d'abord à écouter les explications, mais aussi à poser ses questions, donc il y avait eu beaucoup de mondes, je pense que c'était peut-être 150 personnes ce qui est assez singulier par rapport à ce genre de procédures. Il y a eu cette phase-là, puis après dans la phase de dépôt public, chacun a la possibilité de faire opposition, chacun était consulté d'une certaine manière. Ensuite les autres organismes, dans les procédures il y a toujours plein d'organismes qui sont consultés, que ce soit ceux qui gèrent les chemins de fer, l'assurance immobilière, mais c'était surtout l'office de l'environnement qui s'occupe de toutes les questions environnementales au sens large, que ça soit les risques sismiques, le bruit, les risques d'incidents majeurs, etc., donc c'est surtout de chez eux que sont venues les principales conditions liées à la réalisation du projet, très fermes du côté de l'office de l'environnement. Vous retrouverez d'ailleurs l'autorisation sur le site Jura.ch/geothermieprofonde qui dit toutes les autorisations qui sont là, mais ça, c'était une consultation interne si on veut, mais la population l'a été à travers la procédure. » (Suisse_Canton, responsable de l'énergie au sein du Canton du Jura)

Une première phase de consultation, mise en place par le canton, est une obligation administrative, dont l'objectif était d'exprimer des oppositions, ce qui a été fait par des riverains :

« Alors, on était en contact avec les opposants initiaux, qui sont, je dirais pour simplifier, qui sont des voisins, essentiellement, des voisins qui sont en soucis par rapport au projet. Et puis qui sont au départ dans une démarche qui est plus ouverte, où ils cherchent des réponses à leurs questions. Et puis ils se sont adressés à nous, ils se sont adressés aux autorités, ils se sont adressés aux spécialistes pour obtenir des réponses à leurs questions. Et puis, il y a eu, je dirais, dans ces deux ans de phases de procédures, de nombreux échanges avec ces gens. Et puis, je di-

rais parmi eux, il y a eu des gens qui ont été satisfaits des réponses qu'ils ont obtenues et puis dont on n'a plus entendu parler, et puis il y en a d'autres qui n'ont pas été satisfaits et qui ont décidé à la fin de faire opposition. [...] La procédure veut que des séances de conciliations soient organisées, sous l'égide de l'autorité chargée d'octroyer le permis, entre le porteur de projet, et puis l'opposant. Et parmi ces opposants, beaucoup ont cherché à obtenir des réponses concrètes à leurs questions. Par exemple, est-ce qu'on a une assurance de responsabilité civile, est-ce qu'on peut voir le contrat, est-ce que vous avez une somme d'assurance suffisante ? C'est un exemple. Et puis, parfois, en fournissant ce genre de réponses là, les opposants étaient satisfaits et puis ont levé leur opposition. [...] Et parmi les trente oppositions qui étaient restées, il y a cinq qui ont décidé de faire recours, au tribunal, et ces cinq, je dirais c'était cinq voisins, pour simplifier les choses, avec qui on a eu des contacts précédents, avec qui on a eu des contacts durant la séance de conciliation, mais qui à la fin, étaient toujours opposés au projet, étaient toujours en soucis par rapport à ce projet, et puis ont choisi la voie légale pour essayer de le stopper. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

En complément de cette procédure légale, l'industriel a mis en place d'une commission consultative *ad hoc* :

« Alors, on s'est adressé au Canton, c'est le canton qui nous a envoyé des délégués, de même avec la commune qui nous a envoyé des délégués, des représentants du conseil communal, et puis on a eu en plus des associations, on a regardé quelles associations de protection de l'environnement ont été actives dans la région et on les a toutes contactées, et puis celles qui ont voulu venir sont venues. S'est posée aussi la question d'une représentation directe de la population. Et là, les autorités cantonales et communales en particulier ont été d'avis qu'ils étaient les représentants légitimes en tant que conseils communaux élus et qu'il était difficile d'avoir des représentants autres, parce que comment les choisir, comment trouver un citoyen, hors tout cadre institutionnel, qu'on pourrait considérer comme représentatif, donc du coup il a été renoncé d'avoir d'autres représentations directes, hors ces groupes que j'ai mentionnés. Il faut encore savoir que cette commission d'accompagnement, ce groupe d'accompagnement, a été mise sur pied à notre initiative. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

Le choix des associations environnementalistes s'est fait sur la base du volontariat pour être le porte-parole des enjeux environnementaux. Néanmoins, il peut être intéressant de mieux comprendre la position des autorités administratives. En effet, la désignation des porte-paroles de la « population », pour ces organisations, n'est rendue possible qu'à travers la légitimité apportée par le scrutin, parmi la pluralité de modalités de désignation de porte-paroles dans un contexte de démocratie représentative – tirage au sort, volontariat, etc. (Albertini 2014).

La mise en place de cette commission était motivée par une volonté « d'acceptabilité sociale » :

« On était au départ contacté par Géo-Energie, qui était le promoteur, que par le Canton, si vous voulez. [...] [Le chargé de projet] avait participé au projet bâlois, qui était antérieur. Et au fond, ils avaient eu, c'est intéressant, parce qu'ils ont eu énormément de difficultés sur Bâle. C'est-à-dire qu'il y a eu des séismes, qui ont été provoqués par le sondage, et finalement, ils ont payé intégralement les gens qui se sont plaints. Ça leur a coûté des millions, ils n'ont fait aucune distinction, est-ce que ce sont de vieilles fissures ou pas, ils ont payé pour être tranquille. Là, dans la Haute-Sorne, en fait, ils ont décidé qu'ils allaient faire différemment, c'est-à-dire qu'ils allaient payer que ceux qui étaient en lien avec eux. Du coup, c'est pour ça qu'ils ont mis en place un certain nombre de garde-fous dont on pourra parler après. Mais aussi, eux, ils ont eu l'idée que si la population n'était pas avec eux, de toute façon, ça ne peut pas marcher. Alors, tout ce qui était dans la relation humaine, je dirais, provient de Géo-énergie Suisse, absolument pas du Canton. Et c'était là le problème fondamental et qui fait certainement que ça a capoté, c'est que, il y avait une différence de perception entre le promoteur et le Canton. » (Suisse_ONGE2, porte-parole d'une association environnementale)

Le projet de Bâle s'était soldé par le déclenchement d'un séisme induit, et à des compensations financières, illustrant une vision typique d'ingénierie sociale. L'entreprise voit ainsi l'acceptabilité sociale comme un risque – à l'instar de risques géophysiques – qui doit être désamorcé, car pouvant représenter un problème dans la conduite du projet, ici à travers un coût financier important. À l'instar des risques géophysiques, il y a une volonté de mettre en place un certain nombre de « garde-fous » afin de minimiser ce risque, de la même manière que l'on met en place des procédures pour réduire des risques géophysiques (surveillance sismique par exemple). Il y a ici une approche procédurale où le porteur de projet doit enrôler – pour reprendre le vocabulaire de la sociologie de la traduction – une partie de la population, pour éviter la contestation du projet, à travers des concessions et des modifications dans le projet, se manifestant ici à travers la mise en place de mesures de compensations écologiques :

« J'ai trouvé que la collaboration si vous voulez, l'interaction avec Géo-Energie Suisse, était extrêmement fructueuse pour nos associations. [...] C'était vraiment Geo-Energie Suisse, enfin les gens avec lesquels on était en relation pour Geo-Energie Suisse, étaient vraiment des gens qui étaient très très à l'écoute et très attentifs à toutes nos remarques. On avait demandé, donc ce problème de compensation écologique à ce truc, et tout de suite les gens du canton ont dit "ah,

mais non le dossier est très bien comme ça, il n'y a aucun besoin de compensation écologique, rien ne s'y prépare". Et moi j'avais prétendu que "mais si, mais si, il fallait demander des compensations écologiques, parce qu'ils cherchaient ça pour redorer leur blason, donc ils avaient besoin que la population soit contente, etc.", et on a obtenu ce qu'on voulait, ce que je vous avais déjà parlé avant, les couloirs [écologiques], etc. C'était vraiment une conversation assez intéressante et franche, je veux dire qu'ils ne faisaient pas des coups tordus, et on avait moyen de faire avancer... on avait l'impression qu'on pouvait faire avancer les choses. Après est-ce que c'était vrai ou pas ? Mais je pense que c'était vrai, parce que d'ailleurs le canton reconnaissait effectivement, dès que le canton faisait... parce que je connais bien la personne de l'office de l'environnement qui traitait ce dossier, et il disait « oui, chaque fois qu'on a fait une remarque en disant pour ceci pour cela, à chaque fois, ils ne posaient pas de problèmes, ils modifiaient, ils représentaient leur dossier ». » (Suisse_ONGE2, porte-parole d'une association environnementale)

Ce travail de mitigation d'un « risque social » s'est notamment traduit à travers une approche volontariste du porteur de projet, qui a intégré les critiques au sein de son projet :

« Et toute la phase d'autorisation a été suivie par ce groupe d'accompagnement, donc les différents aspects du projet ont été présentés au groupe d'accompagnement, qui a pu poser des questions, qui ont pu obtenir des réponses sur des sujets qui pouvaient faire soucis. Et ce groupe d'accompagnement a également servi de relai de communication, ils avaient une adresse mail, à laquelle la population pouvait s'adresser, et puis il y a quatre bulletins d'informations qui ont été publiés sous l'égide de ce groupe d'accompagnement, et puis distribués [...] dans les boîtes aux lettres des citoyens et citoyennes de la commune. En plus de cela, il y a eu une couverture médiatique assez importante, la presse locale s'est intéressée au projet, puis a couvert les différentes phases du projet. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

Au-delà de ce travail d'intégration de la critique, l'objectif de cette commission était de publiciser le projet, afin de le faire connaître. Les associations ont ainsi joué le rôle de porte-paroles, permettant d'infléchir le projet. Ce mode de fonctionnement peut être rapproché des commissions de suivi et d'information en France.

Il peut être intéressant de se questionner sur les débats internes de ces commissions, et sur la position que pouvaient avoir les différents acteurs. En effet, dans un contexte difficile, il peut y avoir des attentes de la part des porte-paroles. Par exemple, les associations environnementalistes ont cherché à se positionner uniquement sur la ques-

tion environnementale, ne pouvant pas questionner plus globalement à propos de la géothermie :

« Quand j'assistais à ces séances, je devais faire très attention de dire que non, nous on n'était ni pour ni contre, on s'informe, on participe aux discussions, etc. Donc là, c'était ouais une situation un peu délicate, et je devais faire très attention, parce que le risque c'était quand même que les gens se disent "quoi, ils sont pour, ils promeuvent ces énergies, ils sont d'emblée d'accord avec ces gens, on quitte l'association". Il y a quand même un risque comme ça. Donc je vais faire attention de bien redéfinir à chaque fois notre position. » (Suisse_ONGE2, porte-parole d'une association environnementale)

« On a été aussi interpellé par le groupement de citoyens, qui voulait évidemment connaître notre position, et puis on leur a justement dit en tant que citoyens, ils étaient justement légitimes peut-être à faire opposition par rapport à ces craintes légitimes, mais que nous, sous l'angle environnemental, on n'avait pas quelque part de leviers pour s'opposer à ce projet, étant donné qu'on ne peut pas s'opposer à un projet sur un risque qu'on ne peut pas mesurer véritablement au niveau de la protection des eaux. » (Suisse_ONGE3, porte-parole d'une association environnementale)

Ces associations ne pouvaient qu'analyser et se positionner sur des questions environnementales – la mission de leurs associations – et ne pouvaient pas questionner les trajectoires énergétiques. Ainsi, les porte-paroles sont également contraints par le cadrage qu'ils portent, malgré une demande « sociale » de polarisation d'une controverse.

À la suite de cette commission, a été mise en place, après l'approbation du projet et de l'enquête publique, une commission de suivi et d'information :

« Lorsque le permis a été octroyé, en plus de l'octroi formel du plan spécial qui nous donne l'autorisation de réaliser le projet, on a également passé un contrat, qui est un contrat de droit privé entre nous-mêmes, le canton et la commune, pour fixer un certain nombre d'aspects qu'on ne pouvait pas régler dans le cadre d'un plan spécial cantonal. Et notamment il a été prévu qu'une commission de suivi et d'information serait mise sur pied lorsque la réalisation du projet aura débuté. Et cette commission de suivi et d'information cette fois ne sera plus notre émanation, mais une émanation du gouvernement jurassien, qui sera chargée de la mettre sur pied et d'en nommer un président. Et les membres de cette commission, c'est encore relativement ouvert, ça sera essentiellement le gouvernement qui devra se prononcer [...] avec un spectre aussi large que possible des acteurs de la société civile. On peut imaginer des représentants d'associations, des représentants du syndicat, du patronat, des représentants de fédérations industrielles, de fédérations paysannes, des groupes d'opposants, s'il y en a qui sont prêts à participer à ce genre de structures. [...] Et le but de cette commission est d'assurer un suivi neutre, transparent et intégral du projet, d'obtenir toutes les in-

formations qu'elles souhaitent et puis de les communiquer vis-à-vis de l'extérieur. Ça serait un peu un gage de qualité, de neutralité de suivi du projet. Donc ça, c'est quelque chose... on a eu d'abord je dirais le relativement petit groupe d'accompagnement dans le cadre de la procédure d'autorisation, et il est prévu d'avoir une structure plus importante, qui devra accompagner la réalisation du projet à proprement parler. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

Le canton et le porteur de projet mettent par la suite en place une commission de suivi. Il est recherché une légitimité plus importante, passant notamment par un élargissement des groupes représentés. Ainsi, on retrouve une opposition entre la « population » – dont la légitimité des porte-paroles passait par des représentants élus par scrutin – et la « société civile » – dont la légitimité des porte-paroles passait par la pluralité de groupes. Il y a ainsi un changement de paradigme dans la constitution de la commission, passant d'une vision de la société composée d'un groupe de citoyens à celle d'une pluralité de groupes défendant leurs intérêts. Cependant, nous l'avons notamment vu dans le chapitre 5, une association qui s'oppose au projet, Citoyens Responsables Jura, refuse de dialoguer avec les autres acteurs. Cependant, la participation à ce type de commission exclut, *de facto*, certains points de vue, intégrant uniquement ceux convaincus par l'intérêt de ce type de structures de dialogues.

En sus, il est recherché la « neutralité » de cette commission de suivi – sous-entendu n'étant pas sous l'influence du porteur de projet, en cherchant à éviter les conflits d'intérêts – en la plaçant sous le patronage du Canton, dont la neutralité est légitimé par le fait qu'il est censé représenter l'intérêt général – étant une administration publique – et dont les représentants sont élus démocratiquement.

Lors de la mise en place de ces instances d'échanges – information publique, groupe d'accompagnement, commission de suivi –, le principal enjeu était de pouvoir définir des porte-paroles légitimes pouvant représenter la « population ». Lors de l'information publique, l'échange était unilatéral – les citoyens posaient des questions et l'industriel apportait une réponse. Lors du groupe d'accompagnement, il a été mis en place un échange, qui a permis d'infléchir les spécifications du projet. Néanmoins, le choix des

porte-paroles était limité à des associations environnementalistes et des élus. La mise en place de la commission de suivi essaye de corriger ce problème, en élargissant à une pluralité de porte-paroles représentatifs des différents groupes. La mise en place de cette commission est concomitante à l'autorisation du projet – qui se déroule durant la rédaction de cette thèse, et dont il est difficile de voir les premiers effets.

Finalement, est-ce que, comme l'affirmait la personne citée en début de partie, le projet de Haute-Sorne avait un déficit d'acceptabilité ? Si nous excluons l'association d'opposants – qui refuse de dialoguer avec les autres parties prenantes ou de participer à ces processus de consultation –, nous voyons que le canton et le porteur de projet ont mis en place un certain nombre de procédures de concertation, permettant parfois de lever des oppositions ou d'infléchir le projet. Les personnes ayant participé à ces consultations ont montré un certain enthousiasme. S'il est difficile de quantifier « l'acceptabilité » ou le « refus » du projet, il n'est en tout cas pas rejeté en bloc par l'ensemble de la population, certaines organisations acceptant de « jouer le jeu », en faisant des propositions de modifications du projet. Ainsi, si l'opposition au projet est rendue particulièrement visible par des actions de médiatisations – à travers une procédure judiciaire contre le projet, une communication dans la presse locale, des campagnes d'affichage ou des manifestations –, elle ne concerne pas l'ensemble des parties prenantes. Ainsi, il semble difficile de conclure à un déficit d'acceptabilité de l'EGS en Suisse, même s'il existe une minorité bruyante d'opposition à ce sujet : il y a ainsi un problème d'acceptabilité, mais elle est circonscrite à quelques acteurs.

2.2. Quand la discussion avec des porte-paroles institutionnels n'a pas permis d'anticiper l'émergence d'une opposition : l'exemple de Saint-Pierre-Roche

L'exemple de Saint-Pierre-Roche illustre le cas où le porteur de projet essaye de « bien faire », en consultant les différentes parties prenantes. Néanmoins, il a cherché uni-

quement à consulter les porte-paroles institutionnels, et en oubliant dans un premier temps les riverains, générant chez eux un sentiment d'incompréhension et de perte de confiance.

Pour le porteur de projet, l'opposition est apparue sans qu'il ait pu l'anticiper :

« On a lancé l'enquête publique en février, mi-février, et ça a duré un mois, et là, il y a eu [rire] une levée de boucliers [rires], je ne sais pas si vous l'avez retrouvée [rire] voilà, tout d'un coup, paf ça a sauté, alors qu'on n'avait eu aucun signal préalable. En plus en parallèle on discutait avec des agriculteurs, bon, certains, effectivement, nous ont dit, avec le recul "non, mais je vous avais dit, je vous ai posé la question, est-ce que vous pensez que ça allait bien se passer tout ça". » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

Un opposant explique comment s'est constituée l'opposition :

« Il y a eu un projet qui a été lancé sur la région [...] et le maire de la commune où devait avoir lieu le projet a fait passer un petit bout de papier dans les boîtes aux lettres pour informer qu'il y aurait un projet de centrale, alors ça c'était apparemment le 6 février, avec début d'enquête publique au 22 février. Donc il y a eu très très peu de temps pour se renseigner avant le début de l'enquête publique. Alors on a monté un collectif pour essayer chacun de se partager un tout petit peu le boulot. Alors on a provoqué une réunion, avec le confinement, avec la Covid, ça été un tout petit peu la galère parce qu'il y a avait que trente personnes maximum dans la salle, et après il a fallu essayer de communiquer tout ça avec les autres, avec le collectif et puis Facebook, mais il n'y avait aucune personne qui n'était connectée de toute façon [...], et on a communiqué avec les flyers dans les boîtes aux lettres, une pétition qu'on a pu signer aussi, en expliquant aux gens aussi ce qu'il en était en même temps. [...] Et après, pendant l'enquête publique, on a monté cette association afin d'avoir un avocat pour éventuellement amener le dossier en justice, parce qu'il y a eu plein de malversations dessus, des points qui n'ont pas été publiés comme il faut, des points de mesure de bruits qui avaient disparu, et qui étaient les plus importants parce que c'étaient sous le vent dominant... » (Auvergne_Association, association de riverains)

L'opposition au projet s'est formée à la suite de l'annonce de l'enquête publique. Si, dans un premier temps, un collectif s'est constitué afin de comprendre les tenants et aboutissants du projet, les membres ont dû s'organiser dans un contexte pandémique, en passant dans un premier temps par des outils numériques. Néanmoins, ils ont dû dans un second temps changer leur mode d'organisation pour passer sur un mode de mobilisation plus classique. On peut supposer que l'absence de « signaux préalables », pour citer l'industriel, était due au manque de structures avant l'enquête publique. Or,

comme nous allons voir par la suite, l'industriel avait principalement dialogué avec des porte-paroles institutionnalisés, ce qui a pu constituer un angle mort dans l'identification d'une éventuelle opposition.

Cependant, L'Association Citoyens Responsables des Volcans (ACRV) n'est pas la seule association d'opposition dans la région :

« On avait contacté les projets qui avaient eu TLS Geothermics dans le coin, on avait contacté Stop Mines 23, enfin, le projet qui avait eu, à Cambrailles et qui a été annulé, dont Stop Mines 23 qui est une association du coin, là-bas, qui est entrée en contact avec nous [...] on n'a pas souhaité qu'ils nous aident. Ils sont venus à une réunion, il [une personne de Stop Mines 23] a commencé à foutre le bordel, donc [inaudible] on se tient quand même, la première réunion, donc voilà on n'était pas là pour parler des Cambrailles, on était là pour parler de chez nous quoi, voilà. Après il y a eu d'autres au sein du collectif, ils sont plus rapprochés d'autres associations, mais pff, voilà qu'ils sont un petit peu contre tout, et pour rien, voilà ce n'est pas le but de notre association. Au niveau du collectif, voilà ils séparent un tout petit peu, ils font un petit peu de leur côté quand même, mais ce n'est pas ce qu'on adhère nous au niveau de l'association. » (Auvergne_Association, représentant de l'association de riverains)

« Sur le territoire, ce qui est aussi intéressant, quand il y a eu ces oppositions, il y a eu aussi « d'ingérences » de gens hors sol. Des Stop Mines, [...] qu'on a eu sur l'autre permis qu'on ait qui s'appellent Combrailles-en-Marche [...] [dans la Creuse]. Et la Creuse a un passé minier dans l'uranium et dans l'or. L'or a laissé beaucoup de dégâts, payés par la collectivité pour restaurer des milieux, etc., et puis l'uranium, aujourd'hui, on est toujours avec les problématiques de minerais stériles à enfouir quelque part, il faut bien les enfouir quelque part et il y a donc des gens qui s'opposent à ça. Et donc les StopMines de la Creuse, qui sont très marqués ultra à gauche, clairement quand on va sur leur site, on comprend très rapidement que c'est aussi anticapitaliste. En fait ils sont anti-mines, mais ils sont anti-beaucoup de chose. Ils sont venus aussi sur le terrain pendant l'enquête publique, les renseignements, la police tout ça, pensent que c'est aussi eux qui ont participé à des dégradations, des inscriptions tout ça, c'est leur mode d'action, et ils « s'ingèrent » dans le discours, en disant qu'on raconte n'importe quoi, qu'Engie c'est n'importe quoi, il n'y a pas beaucoup d'arguments derrière, mais voilà, ça rentre dans l'esprit des plus radicaux en fait, localement. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

Au sein d'un département limitrophe se trouve une autre association d'opposition aux projets de TLS Geothermics, StopMines23. Néanmoins, l'association de Saint-Pierre-Roche cherche à se distinguer de StopMines23 à travers une critique de cette dernière. En effet, si l'ACRV est une association de riverains, cherchant avant tout à défendre

son environnement immédiat, StopMines23 se retrouve dans un tout autre registre. En effet, ces derniers adoptent une position du « ni ici ni ailleurs », adoptant ainsi une montée en généralité de la critique anti-mines, et de manière plus générale, contre un certain nombre de projets environnementaux qui s'inscrivent au sein de la modernisation écologique, leur site indiquant une « lutte » contre un parc d'éoliennes. Cette montée en généralité se traduit également par la mise en scène d'une mise en réseaux entre différentes associations sur leur site internet⁸⁷, avec des associations anti-mines et anti-gaz de schistes en France métropolitaine et en Guyane. Ainsi, si StopMines a mené un véritable travail de politisation de l'anti-mine, en l'inscrivant dans un registre anti-extractiviste (Etienne-Greenwood 2020), l'ACRV ne s'inscrit pas au sein de ce registre, préférant une critique de l'impact environnemental et paysager du projet. De même, les modalités d'actions entre les deux associations diffèrent – StopMines23 préférant des actions « médiatiques » où l'ACRV s'inscrit dans un registre plus legaliste, à travers une action en justice. L'ACRV cherche ainsi à se distinguer, à travers le rejet de StopMines23 et en désignant son action comme « *foutre le bordel* », afin d'y paraître plus présentable et crédible, afin de permettre d'infléchir le projet.

En amont de l'enquête publique, l'industriel avait fait un travail de consultation de différents acteurs :

« En 2019-2020, on avait surtout discuté, pareil, en bilatéral, avec les parties prenantes en général, mais pas directement les riverains, parce qu'en fait on ne peut pas parler forcément à 2000 personnes en direct, mais les associations, les élus, il y a les élus locaux, mais il y a aussi des députés, conseils régionaux, des associations, surtout en 2020, FNE, FRAN, donc en local, départemental, tout ce qui est syndicats d'eau, de gestion des bassins versants, le SAGE. Qui d'autres ? Le Commissariat Massif central, voilà, des parties prenantes locales. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

Si l'industriel a consulté de nombreux acteurs, il s'est limité aux porte-paroles institutionnels. Si on reprend l'analyse de la sociologie de la traduction, l'industriel va cher-

87 *Amis de la lutte | Le site du Collectif Stop Mines 23* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 24 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://stopmines23.fr/liens/>

cher à réduire le nombre de porte-paroles qui soient représentatifs et pertinents dans ses échanges : élus, associations environnementalistes, administrations de protection de l'environnement.

« Aujourd'hui, on est vraiment dans une optique de « on est tous autour de la table », pas que l'association, c'est les parties prenantes, le but dans un comité de suivi, c'est d'avoir les riverains, les élus. Les élus en local, la Com-com et la commune, elle est favorable au projet. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

« Ah oui, voilà pour le comité de suivi, il y a eu une réunion la semaine dernière, donc monsieur [PDG de TLS Geothermics] nous a promis qu'il y aurait une commission de suivi pour suivre le chantier et tout ça quoi. Avec des gens du collectif, des gens peut-être pas forcément du collectif, mais bon au moins de l'association ça c'est sûr, peut-être des gens du parc des Volcans aussi, la DREAL bien sûr, l'ARS certainement, on ne sait pas trop encore, mais normalement il devrait avoir des gens de chez nous. » (Auvergne_Association, représentant de l'association de riverains)

« Petit à petit, il y a maintenant des espaces de dialogue, il y a un comité de suivi qui va se mettre en route, on a déjà des discussions bilatérales côté agriculture, parce que pour des mesures de biodiversité, on doit faire de la compensation, etc., ça se fera qu'avec le milieu agricole et on a des discussions bilatérales avec l'association maintenant qui est montée. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

Si les riverains n'ont pas été identifiés comme un acteur légitime au sein des discussions préalables à l'enquête publique, la mise en place de l'association a permis une institutionnalisation – à travers la définition de porte-paroles, lui permettant de devenir un interlocuteur crédible. L'industriel a ainsi mis en place, depuis novembre 2021, des « réunions d'avancement »⁸⁸ – dont la composition varie selon les réunions⁸⁹, mais au sein desquelles on retrouve des élus (maires, sénateur), des membres du secteur agricole (Chambre d'agriculture, agriculteurs), des associations (MEDEF, LPO), ainsi qu'un administrateur de l'INERIS. Ces réunions consistent à une présentation de l'avancement du projet, ainsi que l'approfondissement de certains aspects, comme l'impact environnemental du projet. En juin 2022 était intervenu un administrateur de l'INERIS,

88 MÉDIATHEQUE. Dans: *GEOPULSE* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 24 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.geopulse.fr/médiathèque>

89 À la rédaction de cette thèse (octobre 2022), trois réunions ont fait l'objet d'un compte rendu : novembre 2021, février et juin 2022.

qui a évoqué les séismes induits de Strasbourg, et plaidait à la mise en place d'un forum technique analogue à ce qui était fait en Alsace.

La mise en place de cette commission de suivi est une réponse de l'industriel à une critique des opposants au projet, qui ressentaient un manque d'informations, érodant leur confiance vis-à-vis du porteur de projet :

« C'est surtout le manque d'informations qu'on a eu, le manque de communication, et même de la part du maire de la commune de Saint-Pierre-Roche où il doit avoir lieu le projet, parce qu'il était au courant de ce qu'on s'est aperçu dans les dossiers depuis le mois de mars 2020, il était bien avant déjà, parce que pour étudier le dossier, le site, les promesses d'achats de terrains et tout ça, il fallait une connaissance déjà 2018 ou déjà début 2019, donc le maire, qui a dû déjà être au courant de ce côté-là, mais tant que le projet n'était pas conçu, il n'y avait peut-être pas lieu de le communiquer à ses administrés. Après... voilà, ce qui était sûr, c'est qu'il était au courant déjà 2020, que le projet était plus qu'avancé parce qu'il y a eu des courriers entre l'ARS et puis la DREAL, et ils étaient en copie, donc ils auraient pu être au courant du village, du lieu-dit, bien plus tôt. Donc manque d'informations de Géopulse [...] et surtout le manque d'informations de la part de la mairie. » (Auvergne_Association, représentant de l'association de riverains)

« Encore, sur la Sioule, il y a eu des articles dans la presse hein. Un argument. On reconnaît que pendant deux ans, on n'a pas communiqué directement à la population, mais quand même on a eu des articles, un certain temps, etc., et on se dit régulièrement, il faut demander à la presse de parler de ça, pour dire non non on est là, on fait ça et pourquoi on le fait. De manière officielle, c'est ça finalement qui nous a été reproché. On pense aussi, sur Sioule, que si on avait fait les choses comme ça, on aurait la même chose, quand même, on aurait des gens qui s'opposeraient. Mais au moins, ils ne pourraient pas nous dire « vous avez tenu secret », parce que c'était ça, on nous a dit « vous avez fait ça en secret, machin, etc. », bah, non, mais bon. Et on se dit sur deux autres permis, voilà, essayer d'envoyer les articles de presse ou de l'information aux journalistes. Après ils nous interviewent ou pas. Je ne sais pas. Relayer plus, être plus proactif vers la population en tout cas. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

Le reproche du manque d'information est intéressant, car il permet de pointer une volonté de ces personnes de s'inscrire au sein de la démocratie technique, en voulant participer, ou du moins être informé, en amont de l'élaboration du projet. Ici, c'est que ce devoir d'information passe à travers la figure du maire, et qui illustre une forme de démocratie locale au sein de cette commune rurale, où le sentiment de proximité avec l'élu peut être présent. Si l'industriel est passé par le biais de la presse locale pour infor-

mer sur le projet, on peut imaginer que la figure de maire présente un capital symbolique relativement important pour informer la population de l'avancement des projets se déroulant sur la commune.

Cet exemple dans les canaux de communication envers la population illustre ainsi une incompréhension entre l'industriel et les populations. Cette incompréhension s'illustre également à travers les préoccupations de la population, pas forcément perçue par l'industriel :

« On a fait beaucoup de reproches sur la non-communication, mais bon, nous on a quand même fait les démarches vis-à-vis de la population et après on discute avec les gens, on se rend bien compte, et on discute aussi avec les professionnels qui travaillent avec nous, ils nous disent bien qu'on est sur un territoire un peu « endormi » où les gens ne se préoccupent pas forcément ce qu'il se passe sur leur territoire et puis tout à coup, un jour, tac, ils s'opposent. Alors qu'ils ont eu même des sollicitations, certains étaient très bien au courant qu'on a fait des réunions. Après ils vont trouver n'importe quel prétexte pour dire « cet endroit où vous avez fait cette réunion, ce n'est pas un endroit public, c'est privé » j'ai l'impression qu'il y a toujours un prétexte pour dire que ce qu'on a fait ce n'est pas bien [rires]. Ce n'était pas la bonne approche. Après, effectivement, encore une fois, on n'est pas des pros de la com, on est plutôt des pros du métier qu'on fait, technique, mais la com, où l'approche, recueillir l'adhésion complète, on aurait pu faire mieux et je pense qu'à l'avenir on fera différemment, on apprend comme ça. [...] Et après, il y a eu ces événements de sismicités induites à Strasbourg, qui n'a pas du tout, mais pas du tout, aidé les choses, parce que les opposants, 50 % des arguments, c'est « notre maison va s'effondrer ». Il y a beaucoup de fantasmes et de peurs irrationnelles dans ce qu'ils nous disent et quand on amène des choses factuelles, quand on dit qu'à Strasbourg, il n'y a pas eu de dégâts structurels, c'est des fissures, dont ça va être couvert par les opérateurs, etc., et bien ils ont du mal à l'entendre, quand on donne des éléments un peu factuels, comparatifs. Ils nous disent qu'une telle opération, ça va baisser le prix de l'immobilier. Mais en fait c'est juste une opinion, ça ne repose sur rien de factuel, et quand on appelle des sites où il y a déjà de la géothermie, les gens « bah non, ça a pas fait baisser le prix de l'immobilier ». Bah voilà, tout ce qu'on a. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

« Il y a toujours un truc à dire qui ne va pas. Donc voilà. Et ce qui nous fait dire que c'est beaucoup du NIMBY, indépendamment de l'aspect dogmatique, on peut être pour ou contre le capitalisme ou quoi que ce soit, le NIMBY, il est dedans. Il y a des aspects comme ça, parce qu'en gros, ils nous disent, les opposants nous disent "nous on est venus ici, parce qu'il n'y a rien et qu'on est bien content qu'il n'y ait rien". "Rien" c'est qu'il n'y a pas de "services publics". Entre guillemets, parce qu'il y a quand même une poste à moins de cinq kilomètres au nord ou au sud, un super marché au nord ou au sud pareil. Mais qu'en gros, c'est la nature, les oiseaux. Mais... ils vont nous dire qu'on n'a pas besoin d'électricité produite locale-

ment, qu'il y a ce qu'il faut sur le territoire français pour les alimenter. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

Cette incompréhension entre l'industriel et la population s'illustre à travers un discours montrant, selon le porteur de projet, une « irrationalité » des opposants au projet, à travers la présentation de craintes de l'ordre de l'absurde – oubliant ainsi la non-expertise du grand public et donc des enjeux réels de la géothermie au-delà de la médiatisation faite dans la presse, marquée par une série de séismes récents. Ce discours stigmatisant les riverains, qui cherchent à préserver leur environnement habituel face à l'irruption d'un élément perturbateur, en la réduisant à la simple expression d'une émotion irrationnelle est néanmoins classique dans les conflits sociotechniques, en opposant la défense de l'environnement et les bénéfices collectifs supposés de la nouvelle installation, ici une usine de production électrique s'insérant au sein de la transition énergétique (Batellier 2016; Flanquart 2020).

À la suite de l'enquête publique, une opposition au projet est née. D'abord non prise en compte par l'industriel, elle est intégrée aux processus de concertation lors de son institutionnalisation sous forme d'association. Néanmoins, il existe une incompréhension entre les riverains et l'industriel – malgré la volonté de ce dernier de mettre en place des espaces de dialogues –, tant à travers la définition de canaux de communication légitimes, qu'à travers la prise en compte des préoccupations des populations, qui se retrouve stigmatisées.



Les cas de la Haute-Sorne et de Saint-Pierre-Roche sont intéressants à étudier pour leurs processus de concertation. Ainsi, on peut se demander si les différents porteurs de projets n'ont pas adopté une approche « procédurale », en cherchant à « cocher la case » de la consultation de parties prenantes au sein de commissions. Ainsi y aurait-il une lecture à travers un « risque social » – une non-acceptabilité du projet venant remettre en question son développement – qu'on viendrait réduire à travers des proces-

sus consultatifs, de la même manière qu'on réduit un risque sismique en faisant un certain nombre d'opérations. *A contrario*, lors de la mise en place de ces processus de concertation, nous pouvons voir les différents acteurs s'emparer de cet outil, afin d'infléchir le développement du projet. Ces processus de concertation ont néanmoins des limites : par exemple, le choix de porte-paroles légitimes – ou en tout cas jugés comme tels – induit l'exclusion d'autres acteurs qui ne sont pas organisés en organisations structurées et qui n'ont pas désigné de porte-paroles, ou d'acteurs ayant décidé de ne pas participer à ce genre d'instances. De même, on constate une question de temporalité : si un certain nombre d'acteurs souhaitent être informés en amont des projets – comme c'était le cas à Saint-Pierre-Roche –, la temporalité tardive de la mise en place de ces commissions – souvent après l'enquête publique – peut donner l'impression d'un projet « clé en main », où il est difficile d'infléchir son développement, alors qu'il y a une demande de démocratie technique et de co-construction plus en amont dans l'élaboration du projet. Cependant, la mise en place d'un dialogue entre les parties prenantes n'est possible, à notre sens, qu'à travers la compréhension et le respect des positions des différents acteurs, sans chercher à les stigmatiser ni opposer la défense d'un environnement immédiat et l'intérêt général, et où la démocratie technique pourrait servir à trouver un compromis entre ces deux enjeux.

3. Une remise en question du projet après un séisme : l'exemple de l'Alsace

Nous avons pu voir, à travers les exemples que nous avons abordés, que les questions « d'acceptabilité » se déroulaient en amont des projets, lors de l'enquête publique. Néanmoins, il peut être également intéressant d'étudier des controverses *a posteriori*, lorsque le projet est en train de se mettre en œuvre. À ce titre, nous nous penchons sur la médiatisation qui est arrivée suite à une série de séismes induits par le forage du projet de Vendenheim, en décembre 2020. Nous proposons d'étudier une analyse de

presse de cet évènement, avec notamment un séisme de magnitude 2,4 le 4 décembre 2020, et qui a fait l'objet d'une médiatisation importante tant à l'échelle locale que nationale, et faisant suite à une série de séismes également induits un an auparavant, en novembre 2019. Ainsi, cet évènement a fait l'objet de reportages aux journaux télévisés du 8 décembre 2020 d'Arte Journal et le « JT de 13 heures » de France 2 présentant l'incident. L'Eurométropole de Strasbourg, le 11 décembre 2020 a également fait un *Facebook live* en présence de l'industriel et de chercheurs.

À cette fin d'analyse, nous avons collecté 220 articles de presse – entre le 1^{er} septembre 2020 et le 28 février 2021. Nous avons également recueilli les communiqués de presse d'acteurs de la géothermie, tel que l'AFPG (7 décembre 2020) et de l'ADEME/FEDENE/SER/SNCU (18 décembre 2020) afin de mieux comprendre le positionnement de ces acteurs.

Lorsque l'on regarde la chronologie des articles publiés, on constate une présence médiatique avant le 4 décembre. En effet, l'activité de Fonroche avait engendré des micro-séismes. Mais le pic des articles est le vendredi 4 décembre, date de l'incident. Un nouveau pic est présent le lundi 7 décembre, avec la déclaration d'arrêt définitif de la part de la préfecture. Le 9 décembre et les jours suivants marquent la répercussion de l'arrêt de Fonroche sur les autres projets de géothermie, à travers leurs mises à l'arrêt ou leur annulation, notamment en Alsace et pour le projet palois de Fonroche. Ainsi, il y a deux évènements majeurs : l'évènement sismique en tant que tel d'une part, et les conséquences politiques/administratives d'autre part. Finalement, on retrouve un pic de médiatisation le 25 décembre et le 31 décembre, à cause de nouveau de la sismicité induite du fait de manœuvres pour faire revenir le réservoir à sa pression naturelle.

La médiatisation de l'évènement (figure n°30) est surtout le fruit de journaux locaux, avec une trentaine d'articles publiés par Dernières Nouvelles d'Alsace, vingt par l'édition strasbourgeoise de 20 minutes, quatorze pour France Télévisions et Radio France

(France 3 Régions et France Bleu) ou dix par Rue89 Strasbourg. Au-delà des journaux locaux, les médias nationaux et la presse quotidienne régionale, d'autres régions ont parlé de manière plus anecdotique de l'évènement, souvent par le biais de dépêches AFP.

La matrice des publications (figure n°31) permet de se rendre compte de la diffusion et de la couverture de l'évènement. Si, de manière sporadique, le projet de Vendenheim était évoqué – notamment pour parler des reprises des forages et la présence de séismes –, on constate une véritable diffusion dans la presse à partir du 4 décembre 2020 – les Dernières Nouvelles d'Alsace y consacrant plusieurs articles ce jour-là.

Typologie de la presse

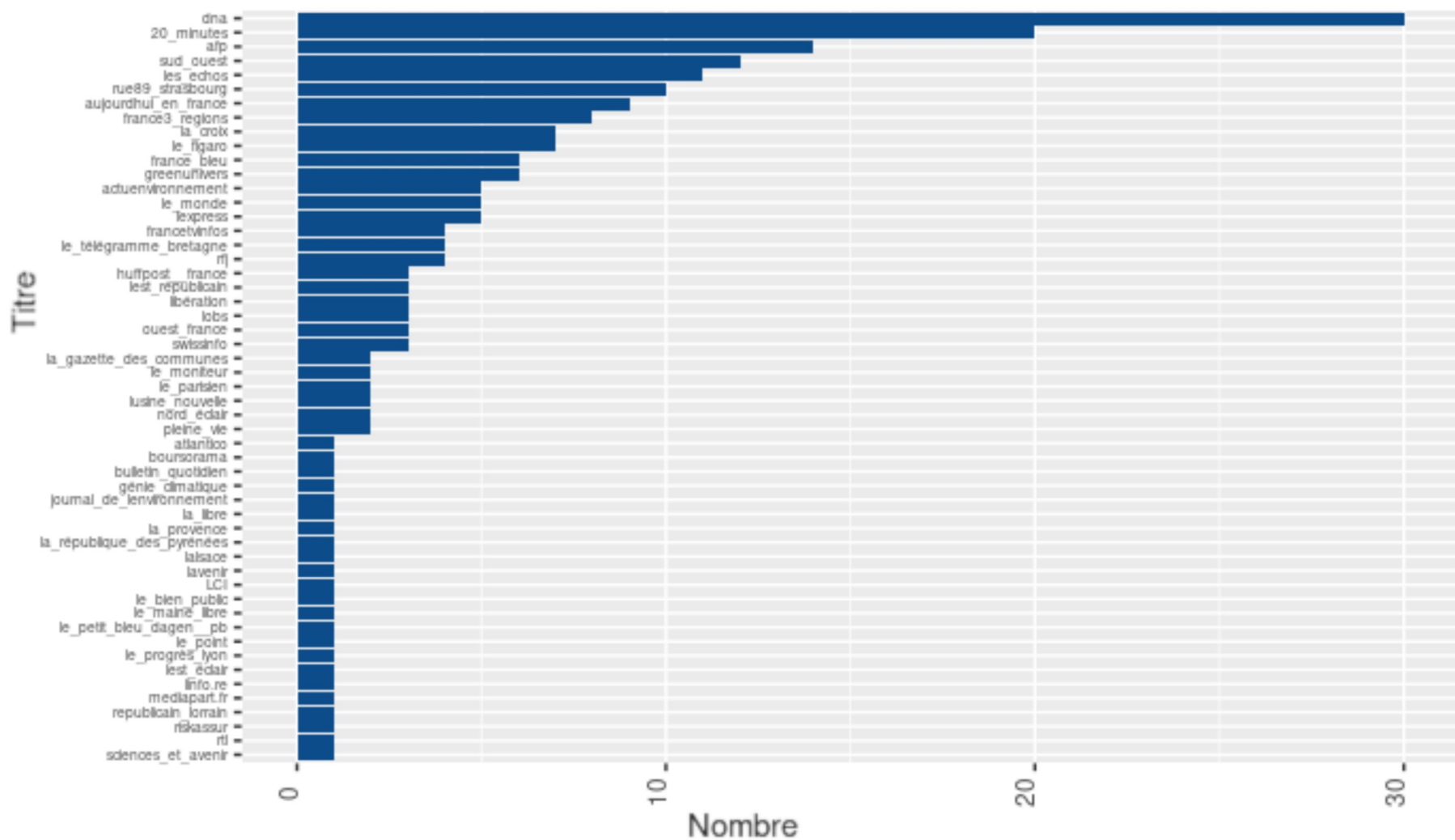


Figure 30: Les principaux journaux publiant les articles – séismes de décembre 2020

Matrice des publications

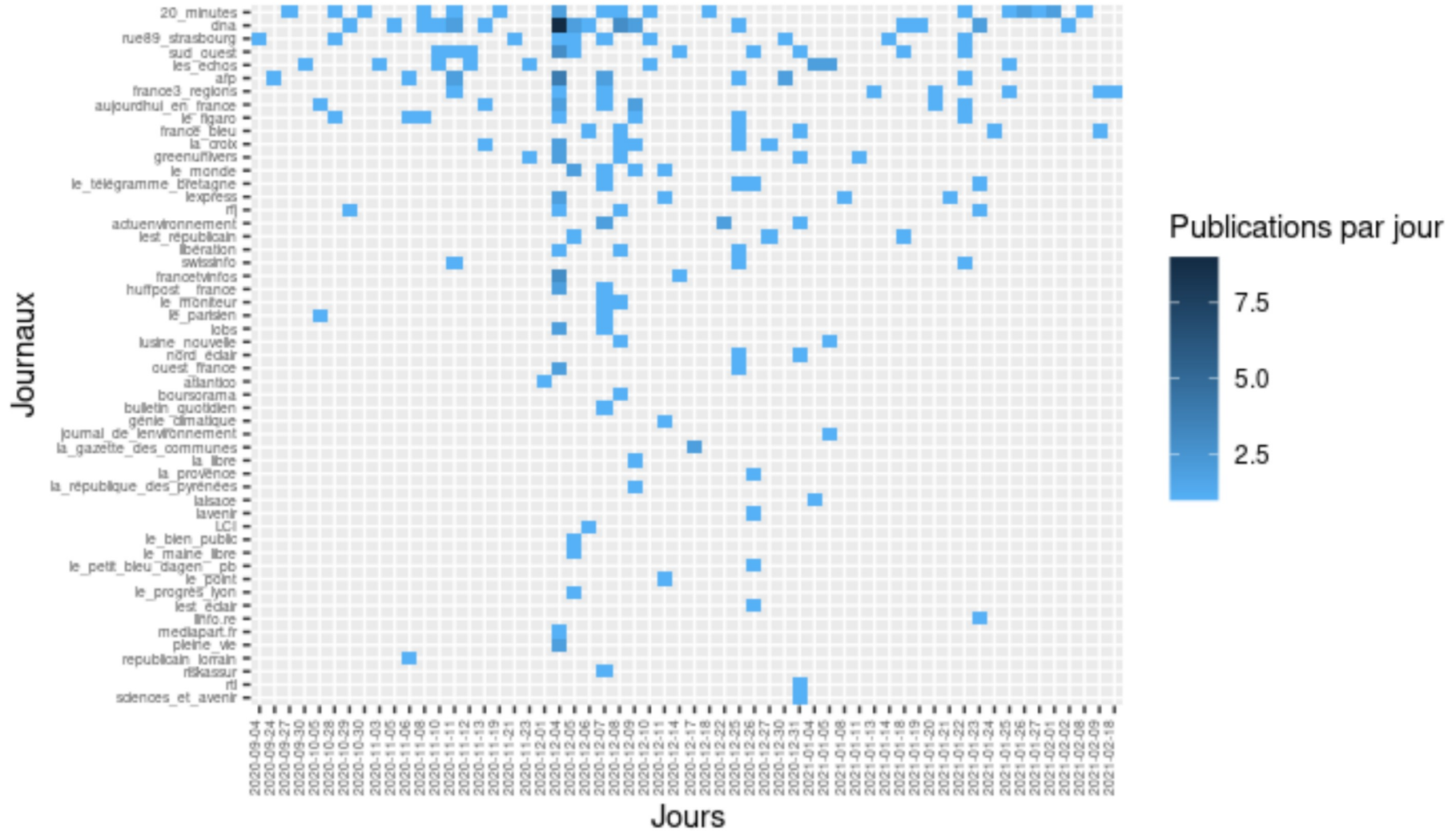


Figure 31: Matrice des publications – séismes de décembre 2020

3.1. Première séquence (24 septembre-1 décembre) : des premiers séismes

Une première séquence va du 24 septembre 2020 au 1^{er} décembre 2020 (41 articles). La médiatisation est surtout régionale et traite des reprises des tests d'injections, après un an d'arrêt, suite à des séismes induits fin 2019.

Cette séquence, répartie temporellement, est marquée par un certain nombre d'évènements sismiques, liés à l'injection de produits colorés (le 1er octobre) pour détecter les tensions du sous-sol. Cette étude fait suite aux recommandations de l'INERIS, du BRGM et d'EOST pour cartographier les réseaux souterrains. L'objectif est de montrer que les risques sont maîtrisés pour une mise en exploitation en 2021 (Rue89 Strasbourg, 24/09). Cela a donné lieu à 7 mini-séismes (1,1 – 2,7) le 28 octobre, où Fonroche reconnaît sa responsabilité (Rue89 Strasbourg, 28/10). À nouveau, de nouvelles secousses sismiques (magnitude de 2,2) ont eu lieu le 5 novembre (DNA, 08/11), puis le 10 novembre (magnitude 1,8) (DNA, 10/11), le 11 novembre (2,4) où la préfecture rappelle que les essais sont suspendus, mais ces secousses étant des répercussions. Fonroche dit que la roche « *continue de s'ajuster* », suite à l'arrêt des tests fin octobre (DNA, 10/11). La préfecture insiste sur la sécurité des populations face au risque sismique, notamment concernant la fissuration des murs de maisons. DNA rappelle la place de la géothermie dans la politique de transition énergétique de l'agglomération (plan neutralité carbone 2050) et sa possible compromission en cas d'arrêt de la géothermie. (DNA, 11/11). L'inquiétude est aussi manifestée du côté des élus, où l'eurodéputée Fabienne Keller voulait connaître l'impact de l'exploitation de la géothermie et les dangers pour la population (France 3, 11/11). Vendredi 8 novembre, une « réunion d'urgence » réunit la préfète régionale Josiane Chevalier, et des élus nord de Strasbourg. La préfète voulait une transparence vis-à-vis de la population et « *rappeler la volonté de ne pas s'engager dans un projet qui présenterait des risques pour la population* » (DNA 13/11). La présidente de l'Eurométropole de Strasbourg déclare dans ce même article que « *La DREAL comme Fon-*

roche ont reconnu que le protocole de tests était trop optimiste et que le massif géologique n'avait pas réagi comme prévu, en provoquant une sismicité supérieure à 2 et donc ressentie par la population » (DNA 13/11) et qui sera présenté par un nouveau protocole. Lors d'une réunion publique à Kilstett, Fonroche défend la sûreté de sa technologie. Les débats tournent autour de la sismicité (induite ou naturelle), la question des assurances (questions de l'opposition) et que la commune de Kilstett rejoigne le Comité de suivi de site pour avoir des informations concernant le protocole mis en place (Rue89, 21/11).

À travers les séismes générés suite aux tests, il se pose le début d'une controverse débattant de l'origine naturelle ou anthropique des séismes, déterminant la responsabilité de l'industriel, notamment sur sa capacité – ou sa non-capacité – à créer les conditions nécessaires pour ce type d'évènements.

3.2. Seconde séquence (4-10 décembre) : l'épicentre du séisme

Une deuxième séquence, allant du 4 au 10 décembre 2020 (96 articles) traite à proprement parler d'une série de séismes (de magnitude 3,5, 2,6 et 2,8), déclarée le 4 décembre, ainsi que les conséquences immédiates. Dans un premier temps, le vendredi 4 décembre, la médiatisation est beaucoup plus forte, et est reprise tant par la presse nationale que la presse locale en dehors de l'Alsace. On constate un « creux » les 5 et 6 (probablement dû au week-end) et à nouveau une médiatisation à partir du 7. Le 7 décembre, la préfecture annonce l'arrêt définitif du projet et demande à la DREAL une enquête administrative (AFP, 7/12). Autre répercussion, l'arrêt du projet de géothermie à Pau, remplacée par une centrale biomasse (République des Pyrénées, 09/12), et dont le séisme a servi de justification. Au-delà de l'annonce de la presse locale et nationale, la presse professionnelle (Le moniteur, RiskAssur), environnementale et économique (Boursorama, les Échos) s'empare de la question.

Les débats autour de la géothermie émergent. Plusieurs élus demandent alors un arrêt du projet, au nom du principe de précaution. Des élus d'opposition font preuve de

technocriticisme vis-à-vis du projet : « *Le soutien des élus EELV de la ville de Strasbourg et de l'Eurométropole aux activités de géothermie profonde relève de plus en plus de l'aveuglement idéologique. Nous ne pouvons pas jouer aux apprentis sorciers avec le sol qui est sous nos pieds* » (Jean-Philippe Vetter, LR, 04/12/2020, France 3 Régions), « *Il faut sortir de la course au profit et de l'illusion de l'or vert* » (Alain Fontanel, LREM) (04/12/2020, 20 Minutes). Au-delà de cette opposition au projet, on peut également voir à travers ces propos, l'expression d'une opposition d'élus face à la majorité. Finalement, plusieurs élus locaux demandent l'arrêt du projet, à travers un communiqué de presse : « *Il ne s'agit plus de demander un moratoire ou un arrêt temporaire, mais bien de demander à Pia Imbs [préfète du Bas-Rhin] et à Jeanne Barseghian [mairie de Strasbourg] un abandon total du projet. Nous ne pouvons plus nous permettre de tergiverser. Le jeu n'en vaut pas la chandelle et les risques de cette exploitation sont bien plus élevés que les éventuels profits énergétiques* » (Le Monde, 07/12).

Au-delà des demandes de l'arrêt du projet, on peut voir une réactivation de l'argumentaire développé lors de l'enquête publique du projet de Port-aux-Pétroles, en pointant la dangerosité de ce type d'industries à proximité de sites industriels sensibles (SEVESO) et des habitations : « *Il faut avoir conscience que les deux puits sont à proximité, d'une part, d'un site Sevoso 2 (des installations industrielles dangereuses) et d'autre part, d'une zone d'habitation dense [...] Ce n'est pas un procès de la géothermie, mais on est en présence d'un puits qui dysfonctionne.* », (Michèle Kannengieser, maire DVD de La Wantzenau, dans Rue89 Strasbourg, 04/12).

De leur côté, les différents acteurs vont répondre aux griefs faits à la géothermie. Ainsi, Fonroche va se défendre, en présentant la sismicité comme inéluctable de la technique : « *Une centrale géothermique crée toujours de la microsismicité, un petit peu plus au début, au démarrage, quand le chemin de l'eau se crée entre les deux puits. Mais là elle en a créé beaucoup trop.* » (Jean-Philippe Soulé, président de Fonroche Géothermie, dans le Bien Public, 05/12). D'autres articles de presse défendent le projet en rappelant que la stratégie de transition énergétique de l'agglomération est fondée en grande partie sur la géo-

thermie, où elle cherchait à chauffer 40 % des logements, et représentait 20 % du mix énergétique (DNA, 09/12).

D'autres acteurs industriels vont chercher à se dissocier de Fonroche. Le communiqué de presse de l'AFPG (7 décembre 2020) cherche à distinguer l'opération de Fonroche d'autres opérations, notamment en le distinguant de la géothermie de surface, et de la géothermie profonde utilisant des aquifères dans un contexte de bassin sédimentaire (dont la technologie est éprouvée depuis cinquante ans). Ils présentent la géothermie comme une solution décarbonée, et insistent sur ses atouts, notamment son expertise en la matière (exportable à l'étranger) et son intérêt pour le lithium. Finalement, le communiqué insiste sur la mise en place d'un groupe de travail pour « *répondre aux problématiques d'acceptabilité* ». Le communiqué ADEME/FEDENE/SER/SNCU (18 décembre 2020) explique la spécificité de ce projet par rapport à d'autres projets : son contexte faillé et sa profondeur (4000 mètres), contre d'autres projets (2500 mètres, contexte sédimentaire) qui bénéficient eux d'une technologie éprouvée depuis cinquante ans. Ils insistent également sur le rôle de la géothermie comme levier pour atteindre les objectifs de la PPE. Ces deux communiqués, par leur argumentaire, distinguent l'opération de Fonroche d'autres opérations de géothermie, en la présentant comme spécifique. L'enjeu est de circonscrire les critiques à ce projet, et éviter que l'incident discrédite la filière.

La préfète Pia Imbs propose ainsi de créer un « *conseil scientifique et citoyen* » avec des « *experts indépendants* » et ayant une mission d'information et d'évaluation (20 minutes, 04/12). Dans une tribune publiée dans DNA le 5 décembre, il est demandé d'avoir un débat technique avec de nombreux acteurs :

« Nous demandons l'organisation d'une information indépendante dans le cadre d'un calendrier de débats, organisés selon des règles de représentativité des différentes parties, pour assurer en particulier la présence active de citoyens, et selon une méthode garante du partage réel des connaissances. La récente table ronde sur la 5G a montré les limites d'un débat hâtivement monté et sans un respect scrupuleux des règles de débat public, édictées par une autorité indépen-

dante dont nous avons proposé avec insistance la mise en place au conseil de l'Eurométropole. Ce débat public doit associer outre les autorités de l'État, les scientifiques, et les citoyens, les conseillers départementaux du territoire concerné, ainsi que la Région qui dispose de compétences sur l'énergie. Car ce débat ne doit pas nous faire oublier que le recours à la géothermie a découlé de l'objectif de transition des énergies productrices de CO₂ vers des énergies renouvelables, pour dépolluer l'air que nous respirons et assurer un devenir soutenable à la planète. Cet objectif doit rester au premier plan de toutes les analyses et tous les débats. Mais il n'y a pas de solution magique, si nous voulons atteindre les résultats fixés dans notre plan climat, il faudra davantage encore recourir à la réduction de nos consommations énergétiques dans nos usages quotidiens comme dans les activités économiques. » (DNA, 5/12)

Cette controverse est l'occasion pour les élus et l'administration d'annoncer la mise en place d'une forme de démocratie technique (Callon, Lascoumes, Barthe 2001) – afin de trancher la controverse – et donnant lieu quelques mois plus tard à la mission d'information et d'évaluation. On retrouve ici une volonté de re-politiser l'objet géothermie en l'inscrivant au sein de débats questionnant sa pertinence pour le territoire, et à la vue des enjeux globaux. Derrière cette initiative est marquée la volonté de trouver un compromis concernant les choix faits, afin de les rendre plus acceptables, car faisant l'objet d'un consensus entre différents acteurs.

3.3. Troisième séquence (11 décembre-14 janvier) : les conséquences immédiates du séisme

La troisième séquence (11 décembre-14 janvier, 82 articles), correspond aux répercussions immédiates de l'arrêt du projet. Ainsi, dans un premier temps (11 au 22 décembre), il est notamment question des demandes d'indemnisation auprès de l'industriel.

Cependant, du 25 au 27 décembre, une nouvelle série de séismes a lieu (de magnitude 1), suite à des opérations cherchant à « relâcher la contrainte » sur le réservoir. Ces événements intéressent essentiellement la presse locale et extra-locale, dans une certaine mesure la presse nationale (reprenant les éléments de l'AFP). Le 25 décembre, un nou-

veau séisme a été déclenché (avec une magnitude de 2,5), résultant de la baisse de la contrainte sur le réservoir.

Début janvier, une série d'articles concerne la presse locale et nationale. En effet, suite aux séismes, la préfecture avait lancé une enquête administrative. Cette dernière, présentée le 4 janvier, montre une série d'anomalies par rapport à l'autorisation, notamment un forage plus profond qu'annoncé (5000 mètres contre 4200 mètres) et un écart sur la pression de prélèvement (140-150 bars contre 100 bars). De son côté, Fonroche réfute les critiques, arguant que c'était à des « *fins scientifiques* » d'étude des failles, et que la DREAL était informée. En sus, ils critiquent le mode de calcul des pressions, variant entre la pression au sein du réservoir ou à la tête de puits (Les Échos, 04/01 ; DNA, 04/01). Le 18 décembre, Fonroche a déposé un recours en référé contre les arrêtés préfectoraux de suspensions des opérations (Rue89 Strasbourg, 14/01). Néanmoins, le 12 janvier, le tribunal administratif de Strasbourg a rejeté cette requête, pour défaut d'urgence (France 3 Régions, 13/01).

Cette troisième séquence arrive après les débats concernant la géothermie profonde et le projet de la géothermie. Elle permet également de « clore » les conséquences immédiates, en actant l'arrêt définitif du projet, décidé par la préfecture. Cependant, elle laisse en suspens deux controverses, qui seront traitées dans les mois qui suivent : la première controverse, d'ordre politique, se manifesterait au sein de la mission d'information et d'évaluation, et trancherait sur la place de la géothermie sur le territoire strasbourgeois. La seconde controverse, d'ordre technique et scientifique, est une étude commandée par la Préfecture auprès de scientifiques, afin de trancher de la nature anthropique du séisme, et donc la responsabilité de l'industriel.



À travers cet exemple, nous avons voulu étudier l'expression d'une opposition et sa mise en débat. Les séismes ont permis l'émergence d'un débat sociotechnique autour de la géothermie, questionnant sa pertinence pour le territoire, et les modalités rendant cette technologie acceptable. Si ces débats médiatiques ont permis la mise en place d'une forme de démocratie technique – dont on étudiera les mécanismes dans un autre chapitre –, nous pouvons cependant nous demander si ce processus de mise en débat aurait été possible en amont du projet. En effet, bien que le séisme ait été l'occasion d'exprimer une remise en question du projet, des éléments de la controverse étaient déjà latents, et les différentes procédures de concertations – notamment à travers l'enquête publique, n'ont pas permis de résoudre les points de frictions autour de ce projet.

Conclusion – Dépasser l'acceptabilité sociale : regarder les causes et non pas les symptômes

À travers ce panorama, nous avons vu que les « populations » pouvaient parfois mettre en débat les projets, même si cela n'est pas forcément systématique. De ce fait, nous ne pouvons pas voir, de manière simpliste, de lien causal entre une opposition à un projet et son annulation. Ainsi, le projet de Pau a été annulé, malgré l'absence d'opposition au projet par les populations – les critiques venant du monde de la technique –, tandis que le projet de Haute-Sorne n'a pas été annulé, alors qu'il fait face à d'une opposition virulente. D'autres projets, à l'instar de Port-aux-Pétroles, ont fait l'objet d'un changement d'implantation à Vendenheim. Au-delà de ces considérations, il peut être intéressant de voir la question de la « temporalité » d'intervention des populations lors du débat public. En effet, les projets ont été soit mis en débat en amont – lors de l'enquête publique –, soit en aval d'un risque qui s'est manifesté, comme avec l'exemple des séismes à Strasbourg. Cette chronologie dans cette mise en débat pointe l'apport de la littéra-

ture, qui propose une intégration des « populations » de manière précoce dans le développement des projets, notamment en questionnant la gouvernance des risques.

De fait, les populations s'expriment, à chaque fois, selon différentes modalités. Cependant, ces expressions, à elles seules, n'expliquent pas l'arrêt des projets. Certains projets ont été annulés malgré une absence d'opposition, tandis que d'autres projets sont maintenus alors qu'ils font face à une opposition importante. Nous proposons de voir la question de « l'acceptabilité sociale » comme une réponse face à la « *modification du monde social fondamentalement asymétrique* » (Barbier, Nadaï 2015), avec d'un côté l'innovation technique et de l'autre les acteurs sociaux qui découvrent et « subissent » cette innovation. Cela entraîne ainsi une cristallisation des rapports de forces et de légitimité autour du projet. Xavier Arnauld de Sartre (2018) parle de l'aspiration à de nouvelles manières de faire de l'aménagement, et où les problèmes « d'acceptabilité sociale » témoignent d'un mal-être avec ce qui est actuellement fait. Ainsi, il est nécessaire de regarder d'autres paramètres pour comprendre les modifications, les altérations du monde social, et où l'acceptabilité n'est qu'une conséquence, un symptôme de ces modifications, et non pas l'origine du problème. Cela est possible, en ne regardant non pas comment un projet doit être accepté, mais son portage : la gouvernance des projets – tant à l'échelle du projet avec les autres parties prenantes que son insertion au sein d'une politique plus large –, mais aussi la crédibilité des projets – notamment en termes de risques –, le portage économique, etc. Nous avons montré, dans notre analyse, un rapport de symétrie, en ne nous concentrant pas uniquement sur les oppositions à un projet, mais également à ce qui est proposé par les porteurs de projets, et en adéquation avec un environnement économique, institutionnel, géologique, etc. En nous appuyant sur le cadre crédibilité/légitimité/gouvernance développé au sein du chapitre 2, nous proposons de regarder ces différents paramètres rentrant dans la mise en place des projets, tant à l'échelle du projet que son inscription dans un contexte plus large, au sein de la partie III de cette thèse.

**TROISIÈME PARTIE – QUAND LA
POLITISATION SE FAIT PAR LA
VERTICALISATION D'UN NOUVEL
USAGE**

La partie II de cette thèse s'est attachée à comprendre le développement de la géothermie profonde, en regardant sous le prisme, entre autres, du récit de l'acceptabilité sociale. Néanmoins, comme nous l'avons pu le démontrer, si les populations s'expriment, manifestant une approbation ou un rejet des projets, ce récit n'est pas à même de proposer un cadre explicatif satisfaisant concernant le développement des projets. Nous proposons, dans cette partie III, un récit alternatif à l'acceptabilité sociale, celui de la politisation du sous-sol, et de la verticalisation des territoires. Ce récit alternatif montre, dans un premier temps, que la géothermie n'est pas technologiquement stable, du fait d'un ensemble d'incertitudes scientifiques importantes (chapitre 7). Cette instabilité explique que l'on redécouvre le sous-sol en tant que milieu, et qu'il génère des interactions avec la surface (chapitre 8). Néanmoins, le politique n'est pas suffisamment organisé pour gérer ce milieu redécouvert (chapitre 9).

CHAPITRE 7 – À LA RECHERCHE D'UN MODÈLE TECHNICO-ÉCONOMIQUE

Dans le chapitre précédent, nous avons vu qu'il n'existait pas de relations causales automatiques entre une opposition à un projet et son annulation. En effet, certains projets ont été annulés malgré une absence d'opposition au projet par les populations, tandis que d'autres projets sont maintenus alors qu'ils font face à une opposition virulente. Nous proposons alors de voir la question d'« acceptabilité sociale » comme une réaction face à une modification du monde social, où les acteurs sociaux « subissent » l'irruption de l'innovation technique au sein de leur quotidienneté. Ainsi, en proposant de voir l'acceptabilité sociale comme un symptôme plutôt qu'une conséquence, cela nous conduit à regarder d'autres paramètres explicatifs dans le portage des projets. Nous proposons d'apporter dans notre analyse un rapport de symétrie en regardant non seulement l'opposition au projet – ce que nous avons fait dans le chapitre précédent – mais également ce qui est proposé par les porteurs de projets. Nous renversons ainsi la logique habituellement adoptée sur l'acceptabilité sociale, en ne regardant non pas comment un projet doit être accepté, mais en regardant le portage des projets.

Parmi les différents paramètres du portage se trouve le modèle technico-économique. La proposition que nous faisons est que la difficulté que rencontre la géothermie à se déployer, notamment à travers son extension, est due aux difficultés à trouver un modèle technico-économique stabilisé, ce que nous présenterons au sein d'une première partie. En effet, le sous-sol étant un milieu incertain, son appréhension passe par le truchement de la technique, dont les procédés sont onéreux et n'assurent pas la présence d'une ressource. Pour sortir de cette aporie, et tenter de réduire l'incertitude, les industriels s'intéressent à deux paramètres : l'amélioration de la technique, et la recherche d'un modèle économique satisfaisant. Dans une première partie, nous regarderons l'amélioration des techniques pour chercher la ressource et l'optimisation de sa

captation. Dans une seconde partie, nous verrons comment ce travail d'amélioration passe par le développement de programmes de recherche et développement, et nécessite, pour les financer et enrôler des acteurs, d'adopter une rhétorique de la promesse sociotechnique. Néanmoins, nous verrons dans une troisième partie, que le modèle économique est plus difficile à trouver : en effet, si au sein du Bassin parisien, la fourniture de chaleur trouve un marché, à travers les réseaux de chaleur urbains, son extension en dehors est plus difficile et nécessite d'être couplée à d'autres formes de production (électricité, lithium), qui ont des problématiques propres.

1. Les difficultés technico-économiques inhérentes au sous-sol : incertitude et « dérisquage »

La géothermie fait face à des difficultés technico-économiques, du fait de l'incertitude du sous-sol, notamment concernant la possibilité de trouver une ressource en quantité suffisante. Il est nécessaire, pour les porteurs de projet, d'identifier les ressources disponibles – à travers la mise en place d'un appareillage technique incluant des études sismiques ou des forages exploratoires. Néanmoins ces procédures sont particulièrement coûteuses, sans avoir forcément l'assurance de trouver une ressource permettant de rentabiliser l'opération. Les industriels ont alors mis en place un mécanisme assurantiel permettant de réduire le risque financier.

1.1. Le sous-sol, un milieu incertain nécessitant le truchement onéreux de la technique

Le sous-sol est un milieu marqué par l'incertitude, qu'il est difficile d'appréhender directement de manière sensible. En effet, il est nécessaire de passer par le truchement de la technique et de savoirs experts afin de mieux le comprendre (Arnauld De Sartre, Chailleux 2021). Cette médiation technique est laissée aux mains de groupes industriels, qui possèdent les capitaux et les savoirs nécessaires pour mener les campagnes d'explorations. Cette appréhension limitée à une capacité technique et financière fait

ainsi du sous-sol un milieu incertain. Cela a pour conséquence une moindre connaissance des ressources existantes :

« On a identifié trois grandes catégories de zones : les zones connues, les zones un peu connues et des zones qui sont mal connues. Et sur ces zones-là, on a dit qu'il faut un maximum, si on a des projets, dérisquer au maximum les projets. Et donc il faut faire des études complémentaires, qu'on ne demande pas aujourd'hui parce qu'en région parisienne, on connaît bien, donc on fait des études, mais elles sont relativement limitées, mais sur les autres zones, on va faire des études un peu plus complètes pour essayer de limiter le risque. Ce qui est intéressant au niveau français, c'est que les pétroliers ont fait ce que l'on appelle de la géophysique pour aller trouver des ressources pétrolières. Donc il y a de ce qu'on appelle des lignes sismiques qui existent sur notre territoire français, donc les pétroliers sont allés chercher en profondeur. Donc on fait des relevés, des données brutes, sismiques, qui aujourd'hui avec des logiciels peuvent être retraités. Et donc il y a des photographies du sous-sol qui sont faites et qu'on peut aujourd'hui réinterpréter. Donc l'idée, par exemple, sur des zones peu ou mal connues, c'est de voir s'il existe sur ces zones-là des lignes sismiques qui pourraient être retraitées. Et qui permettraient avec les nouveaux logiciels de retraitements, de voir, à coût pas très élevé, si des choses qu'on ne voyait pas vraiment dans les années 1970, étaient réévaluées. Parce qu'en termes d'imagerie, on verrait beaucoup mieux les choses. Par exemple, pour ces études préalables qu'on demanderait, ils déposent au dossier, ça figurait par exemple au retraitement des lignes sismiques s'ils existent. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

La connaissance du sous-sol, et donc du potentiel de la ressource géothermale, est intimement liée à la trajectoire sociotechnique des territoires. À travers ces exemples, la recherche de ressources passe entre autres par une réinterprétation de données collectées lors de précédentes campagnes d'exploration, notamment afin de trouver des ressources pétrolières. Ce travail de retraitement de données existantes, néanmoins, permet de tracer une géographie où les zones les mieux connues sont celles ayant fait l'objet d'intenses campagnes pétrolières, particulièrement au sein des bassins sédimentaires parisiens et aquitains, tandis que d'autres nécessitent des études plus approfondies, afin de combler les lacunes. En dehors d'acteurs privés, ce travail de recherche géologique est notamment joué par le BRGM :

« Le BRGM, dans ce processus-là, a plus un rôle d'accompagnement et d'expert sous-sol, pour ces animateurs-là, leur donner des informations sur les régions concernées et le statut de la ressource dans ces régions-là. Est-ce qu'elle est bien connue, est-ce qu'il y a beaucoup d'incertitudes, est-ce qu'il est nécessaire de réaliser des programmes exploratoires notamment à travers des études sismiques,

ou des retraitements de données qui ont un certain coût, mais qui sont nécessaires pour caractériser la ressource. Donc voilà le rôle que joue le BRGM.»
(TFR_BRGM1, ingénieure)

Le BRGM, en tant qu'établissement public à caractère industriel ou commercial, joue le rôle de bureau d'études, en apportant une expertise technique pour les questions du sous-sol, permettant d'identifier des ressources pour le compte de collectivités, qui n'ont pas en interne des compétences en géosciences, contrairement à des entreprises industrielles spécialisées. Le BRGM fait ainsi d'office de « service public » pour les collectivités, permettant de mutualiser le coût, pour le compte des services étatiques, de ce type d'expertise.

Cette connaissance du sous-sol est d'autant plus essentielle que l'enjeu est d'éviter un « risque géologique », c'est-à-dire de se retrouver face à un « puits sec », où se trouve une absence de ressources. En effet, la géothermie est une technologie coûteuse, du fait notamment des forages :

« Il faut toujours passer par une phase de forage. Et les forages, ça coûte très cher. Un forage, il n'est pas sûr de trouver effectivement la ressource. Donc c'est ce qu'on appelle le risque géologique de ne pas trouver la ressource. Donc le risque ressource. Et une ressource c'est par exemple faire un ou deux forages, et ça peut coûter entre cinq et dix millions d'euros. Et aujourd'hui, il y a aucun industriel, aucun opérateur, qui va se lancer dans une telle opération, avec le risque d'échouer, c'est-à-dire d'avoir engagé cinq à dix millions d'euros et de ne rien trouver du tout, malgré la qualité des études qui auront été faites.»
(TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

« Un puits d'exploration, comme ça, de trois-quatre kilomètres, c'est douze millions d'euros, un puits, sans compter avant les phases d'avant d'exploration, qui peuvent être un ou deux millions de plus. Donc en fait à risque vraiment on est sur douze à quatorze millions aujourd'hui sur ce type de projet, et c'est qu'une fois que vous avez ce premier puits que vous pourrez pouvoir tester s'il y a vraiment la ressource que vous attendiez et ça vous permet de décider si vous faites le second puits. Et le second puits, après que vous l'avez fait, vous pourrez retenter votre système, et voir s'il fonctionne bien, et ensuite créer une centrale. Mais quand on est à ce niveau-là, le risque est très faible. Il est complètement dérisoire. » (Auvergne_Industriel, bureau d'études)

La géothermie est ainsi une technologie particulièrement onéreuse, notamment dans sa phase initiale de forage. L'un des principaux obstacles est la méconnaissance du

sous-sol, ne permettant pas d'identifier la présence de ressources, sans passer par une médiation technique coûteuse. Si un travail de retraitement de données préexistantes est possible, il est nécessaire de conduire des études complémentaires pour faire face aux incertitudes. En sus, la mise en place de la centrale, à travers la création de forages, est le seul moyen de s'assurer véritablement de présence d'une ressource suffisante. Néanmoins, ces opérations coûteuses nécessitent d'avoir la garantie de trouver une ressource pouvant assurer un équilibre financier à l'opération. Afin d'éviter cette situation, les industriels ont mis en place un système assurantiel en cas d'absence de ressources optimum.

1.2. Des fonds de garantie pour assurer l'absence d'une ressource suffisante

Le milieu « sous-sol » comporte intrinsèquement une incertitude. Cette incertitude se traduit, entre autres, sur la possibilité de trouver une ressource suffisante afin de développer une activité industrielle. Néanmoins, le travail de prospection, et notamment le forage permettant de déterminer la présence ou non de cette ressource, au prix d'un coût financier relativement important – ce que les industriels nomment le « risque géologique ».

Les industriels ont alors mis en place un système assurantiel, un « fonds de garantie », permettant de couvrir partiellement les frais de travaux en cas d'absence de ressource ou qu'elle ne soit pas en quantité suffisante :

« Et donc pour lever ce risque-là, la France, en 1981 et 1982 a mis en place un dispositif de couverture du risque. C'est-à-dire qu'un opérateur intéressé pour faire un projet de géothermie dans tel ou tel endroit, sollicite ce dispositif de garantie, il y adhère en versant une prime, comme une prime d'assurance, et en cas d'échec de son forage, il est remboursé à hauteur de 90 % du montant de son investissement. [...] Et puis une fois que l'opération a été réalisée, il y a un autre dispositif qui a été mis en place, qui concernait le long terme, l'exploitation des opérations. En cas de problème rencontré par l'opération, lié aux fuites géothermales, s'il y avait par exemple de la corrosion [...] Ce second fonds intervenait pour permettre à l'opérateur de faire les travaux d'opérations et d'être indemnisé pour ces travaux de réparation. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

La mise en place du fonds de garantie dans les années 1980 correspondait alors à une époque de développement de la géothermie au sein du bassin parisien (voir chapitre 4, traitant de la trajectoire sociotechnique de la géothermie). La mise en place de ces aides a connu plusieurs phases de développement (ADEME, G2H Conseils 2016) : jusqu'en 1981, la couverture du risque se faisait au cas par cas, après l'avis du Comité géothermie, à travers une subvention couvrant 30 % du coût du premier forage et complété par un prêt de 70 %. En 1982, l'AFME met en place un fonds spécifique de financement, fonds de garantie court terme, qu'elle confie à la SAF-Géothermie, une filiale de la Caisse des dépôts, permettant de couvrir 15 projets entre 1982 et 1990 (ADEME, G2H Conseils 2016). À partir de 1986, le contre-choc pétrolier met fin au développement de nouvelles opérations en région parisienne. Dans un premier temps, le fonds de garantie à court terme est réaffecté à un programme de recherche sur la corrosion des puits. De manière parallèle était créé en 1981 un fonds à long terme, une assurance complémentaire, permettant d'assurer les projets au cours de leur exploitation.

Le contre-choc pétrolier remettant en cause le développement de nouvelles opérations, le fonds de garantie à court terme est apparu obsolète et fut abandonné et dissous en 1996 (ADEME, G2H Conseils 2016). Néanmoins, les nouvelles opérations de géothermie, à partir de 2006, réveillent l'intérêt pour ce type de dispositif :

« Et à cette époque-là, les outils qu'on avait créés de fonds de garantie dans les années 1980 ont été supprimés, parce qu'on en voyait plus l'utilité. Le fond de garantie dit de court terme pour lancer des opérations, il n'y avait plus d'utilité, puisque le l'État ne voulait pas aider. Donc il a été supprimé. Donc en 2005, moi j'ai lancé l'étude pour remettre en place un dispositif de garantie pour permettre, au cas où l'État souhaiterait à nouveau aider la géothermie, ces dispositifs puissent à effectivement être présent et exister. [...]

D'où l'idée aujourd'hui de revoir notre dispositif de couverture de risque existant [...] qui était revu en 2005. Et l'idée c'est de voir comment ce dispositif, comment le rendre beaucoup plus incitatif. [...] Le taux de couverture du risque était de 90 %, c'est-à-dire un maître d'ouvrage qui fait une opération de géothermie et puis qui ne vous trouve pas la ressource géothermale qu'il souhaitait, est remboursé jusqu'à hauteur de 90 % du coût de son investissement. [...] En 2005, on s'est dit 90 %, ça fait beaucoup, on va descendre à 65 % au niveau national, et puis pour les régions qui voulaient se mettre au niveau, d'avoir des compétences

en matière énergétique, ça commençait s'entrevoir ce genre de choses au niveau des compétences régionales. [...] La région complétait avec le fonds de garantie, et c'est ce qu'il fallait faire pour permettre effectivement à l'opérateur de sécuriser son investissement, et d'y rapporter 25 % de la garantie sur les forages. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

À partir de 2005, et avec la mise en place de nouvelles opérations de forage, il est senti le besoin de remettre en place ce dispositif d'aide. Néanmoins, il fut modifié, en changeant les modalités de succès d'un projet. En effet, le modèle choisi dans les années 1980 était fondé sur les « courbes d'iso-rentabilité », c'est-à-dire selon un ratio chaleur/débit et dont la rentabilité suivait cette courbe, tandis que la version de 2005 s'appuie selon une approche « puissance géothermique garantie », c'est-à-dire la capacité à délivrer une certaine puissance (kW) (ADEME, G2H Conseils 2016). Si la différence entre les deux modes de calculs peut paraître technique, la version de 2005 a été justifiée comme plus précise, du fait d'un mode de calcul informatisé, avec l'apparition des tableurs permettant de prendre en compte plus de paramètres.

La réorganisation de ce fonds est couplée également avec une réorganisation des modes de financement. Ainsi, la part de financement régional est augmentée. On peut voir derrière ce changement une volonté d'une part de réduire les coûts à l'échelle nationale – permettant ainsi de supporter plus de projets –, mais aussi de répartir les risques. En effet, il existe des régions où le risque, notamment du fait des conditions géologiques, est plus faible (les bassins sédimentaires du Dogger et d'Aquitaine par exemple). On peut également voir une stratégie de « régionalisation » de l'énergie, avec d'une part la prise en compte des questions énergétiques par les collectivités – à travers le schéma régional d'aménagement de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) –, mais aussi une promotion par l'ADEME au niveau régional de la géothermie, avec la mise en place d'« animateurs » *ad hoc*. Ces changements illustrent également une modulation de la couverture du risque en même temps que la géothermie s'étend au-delà de ses régions historiques.

L'administration et les industriels ont pu ainsi contourner la difficulté du « risque géologique » et de l'incertitude intrinsèque au sous-sol en mettant en place un service assurantiel. Cependant, ce système a connu des modifications, au fur et à mesure du développement de la géothermie au-delà de ses régions historiques – l'incertitude baissant dans les zones où elle était exploitée. Dans une étude publiée en 2016 et conduite par l'ADEME et le bureau d'études G2H Conseils (2016), le fonds de soutien était présenté comme un outil permettant d'explorer d'autres « zones plus aléatoires » (p. 41) en termes de risques. Au-delà d'un outil de financement de projets, on peut ainsi imaginer que cet outil peut être vu par ses promoteurs comme un outil d'extension de la géothermie : en rendant possibles plus de forages – à travers leurs subventions –, il réduit de tout autant le risque géologique, et donc l'incertitude, permettant de développer d'autant plus la filière.

2. La force de la promesse – l'importance des crédits de recherche

Si des mécanismes financiers cherchent à réduire l'incertitude du risque géologique, un autre levier utilisé par les industriels est l'innovation technique. Cette amélioration est notamment financée à l'aide de crédits de recherche nationaux et internationaux – s'inscrivant de fait au sein du régime des promesses techno-scientifiques –, et répond à des stratégies industrielles. Ces promesses techno-scientifiques cherchent ainsi à lever les incertitudes par le truchement de l'innovation technique.

2.1. Des promesses techno-scientifiques pour répondre à des enjeux techniques...

Si la géothermie, telle qu'elle est mise en œuvre au sein des bassins sédimentaires, est une technologie relativement bien maîtrisée, son extension nécessite d'aller vers d'autres contextes géologiques. Cependant, cela induit des modifications techniques importantes, et qui ne se font pas sans difficulté :

« Je me souviens très bien en 2015 d'avoir dit publiquement que la géothermie profonde n'était pas encore mature et ça avait fait extrêmement réagir les opérateurs. Mais c'était très factuel. C'est les tout premiers projets, à ces profondeurs-là il n'y a pas de précédents, scientifiquement on n'a pas de recul, on a encore très peu de projets qui fonctionnent avec beaucoup d'années pour être sûrs du succès, *etc.*, donc on est quand même dans un domaine qui est plein d'incertitudes [...]. Le Bassin de Paris, c'est une technologie qui est, je pense, ultra-mature, on fait des dizaines de doublets, il n'y a quasiment pas d'incidents, c'est une technologie qui est maîtrisée très très largement. Bon, il y a [...] de la R&D [...], mais c'est quand même une technologie très mature. Là, on est sur une barrière technologique, en Alsace, de faire ces stimulations à cinq kilomètres de profondeur, dans un massif granitique. Soultz, c'était le pionnier, le pilote scientifique là-dessus, il y a eu quelques cas derrière qui ont été des succès, bon certain aussi des échecs. [...] C'est une autre dimension en termes de technologie. [...] La maturité, je pense que ce n'est pas que sur la question de la sismicité. C'est sur l'ensemble de tels projets. La sismicité ce n'est pas le seul risque de ces projets-là. Il y en a d'autres. La maturité elle est sur l'ensemble de la structure, depuis son exploration, la fiabilité de trouver la ressource, jusqu'à contenir les risques qu'elle est susceptible de générer pendant son exploitation. » (Strasbourg_EOST2, directeur de recherche)

La question de la maturité, et notamment à travers sa capacité à répondre aux promesses sociotechniques a fait l'objet d'une controverse (Serrano et al. 2019). En effet, elle a été comprise au sein de l'espace social comme un élément disqualifiant de la technologie – et notamment mobilisé par les opposants, qui l'ont investie d'un sens où la technologie présentait un risque imprévisible qu'il faudrait éviter. Néanmoins, pour ce scientifique, la question de la non-maturité s'inscrit au sein d'une logique de la *Technology readiness level* (niveau de maturité technologique, TRL), qui est une échelle graduant la « maturité technologique », et allant d'une maturité faible – à l'état d'observations –, à un système prouvé et testé à l'échelle industrielle. Pour ce chercheur, la technologie pouvait être considérée comme mature au sein du Bassin parisien – et de manière générale au sein des bassins sédimentaires –, du fait des nombreux forages qui ont permis d'avoir un retour d'expériences suffisant pour créer suffisamment de connaissances pour lever l'incertitude. Cependant, le contexte alsacien – et de manière générale, l'extension hors Bassin parisien – est considéré comme un nouveau milieu géologique, avec des spécificités – notamment du fait qu'on se retrouve au sein d'un contexte de réseaux de failles. S'il a existé quelques expérimentations de forages – le

projet de recherche de Soultz, la centrale de Rittershoffen, les forages à Vendenheim ou à Illkirch –, ils ne sont pas suffisamment nombreux pour pouvoir considérer la géothermie comme un usage industriel, cantonnant dans ce contexte à un stade intermédiaire au sein de l'échelle TRL.

Néanmoins, et ce qui est intéressant au sein de ce discours, c'est que ce chercheur ne limite pas la maturité de la technologie au simple fait de limiter les séismes – promesse revenant régulièrement chez les industriels –, mais l'insère au sein d'une définition plus large de mitigation de l'incertitude, qui passe par le truchement d'une cartographie du sous-sol représentant les grandes structures géologiques, les ressources, etc. Si cette vision de la maturité reste technique – en ne s'intéressant pas au modèle économique par exemple –, elle présente l'intérêt de définir la territorialisation de la géothermie – sous son aspect technique – sous le prisme de la connaissance du milieu et de la mitigation des risques.

Ces promesses technologiques vont se manifester sous différentes formes selon les projets, avec l'idée de développer graduellement une technologie tendant vers cette maturité. Dans notre chapitre 5, nous avons présenté deux types de stratégies que les industriels pouvaient développer : une première solution, orientée sous-sol, cherche à valoriser une ressource déjà présente, à l'instar de la co-valorisation de la chaleur issue de puits pétroliers comme à Parentis, ou visant un contexte géologique spécifique, comme à Strasbourg ou à Saint-Pierre-Roche. La promesse va alors porter sur la nécessité d'adapter la technologie à ce type de contexte. Une autre stratégie, orientée surface, va plutôt se concentrer sur la présence de débouchés. La promesse va alors être sur la création d'un modèle de puits « universel », pouvant s'adapter au sein de nombreux contextes géologiques, comme à Pau ou en Haute-Sorne.

Si ces promesses ont pris différentes formes, nous retrouvons régulièrement la promesse que la forme de géothermie développée évitera au maximum de générer des

séismes – à titre d'illustration, dans une brochure du projet de Haute-Sorne, l'industriel expliquait que le modèle de puits et de forage « *améliore les performances énergétiques du système et réduit en même temps le risque sismique* ». Cette promesse d'une géothermie sans séisme fait échos aux précédents échecs de la géothermie (Bâle, Saint-Gall, Strasbourg). Elle s'inscrit au sein d'une stratégie de crédibilisation de la géothermie, où l'on cherche à démontrer qu'elle est une énergie « fiable », à travers un travail de distinction vis-à-vis de contre-exemples, c'est-à-dire des projets qui se sont révélés être des échecs.

Les porteurs de projets utilisent ainsi une rhétorique de la promesse sociotechnique, où la finalité serait une technologie mûre, c'est-à-dire adaptée au contexte géologique et où l'incertitude serait levée. Le passage de la promesse à un projet industriel, et donc à travers les différents stades du TRL, passe par l'intermédiaire de projets de recherches et de développement, visant à faire ce travail d'adaptation.

2.2. ... se finançant à l'aide des crédits de recherche...

Les différents projets de la géothermie que nous étudions au sein de cette thèse s'appuient sur des projets de recherche, et bénéficiant de financements venant de différentes sources. Par exemple, nous pouvons retrouver le programme d'Investissement d'Avenir (PIA), porté par le gouvernement français, et qui est une politique publique de financement de l'innovation, notamment à destination d'entreprises privées. Nous retrouvons en Suisse son pendant, à travers l'organisme Innosuisse. D'autres projets ont également des financements européens, à travers le programme H2020. Ces différents projets vont alors chercher à atteindre différents stades du TRL, avec des livrables s'insérant au sein du champ académique – financement de thèses, publication d'articles, communications, posters –, à une mise en application industrielle, à travers la mise en place de démonstrateurs industriels.

Nous proposons au sein du tableau suivant une synthèse des différents crédits de recherche dont ont pu bénéficier les projets, sur la base de ce qui a été déclaré sur leurs sites internet et divers autres documents que nous avons pu trouver :

	PIA/InnoSuisse	H2O2O
Parentis-en-Born		Meet-H2O2O
Pau / Vendenheim	FONGEOSEC	
Saint-Pierre-Roche	GoFaust	
Haute-Sorne	Ramsis-RT DG-Wow	Geothermica Thermodrill DESTRESS

Dans le chapitre 5, nous avons vu que les projets PIA étaient attribués par le Secrétariat général aux investissements (SGI), sous l'égide du Premier ministre. En 2011, le gouvernement avait publié un appel à manifestations d'intérêt sur la géothermie, en octroyant une enveloppe de 1,35 milliard d'euros. L'objectif était alors de développer une filière géothermie, notamment à travers une « *maîtrise de l'ensemble des coûts* », une augmentation du « *potentiel des ressources géothermiques exploitables* » et une « *limitation des impacts environnementaux* » (appel à manifestation d'intérêt). Il y avait ainsi une volonté d'extension de la géothermie profonde, tout en cherchant à faire face aux difficultés de territorialisation tel que nous décrivons au sein de ce chapitre. Ces aides prennent la forme de subventions et d'avances remboursables. Pour le projet FONGEOSEC (démarré en 2013, pour une durée de cinq ans), concernant les projets de Pau et de Vendenheim, l'objectif était de mettre en place un démonstrateur industriel, avec la promesse d'une reproductibilité « *indépendamment du sous-sol* » (fiche de présentation PIA du projet). Au-delà de la construction du démonstrateur – qui ne s'est pas réalisé –, il y a eu plusieurs publications scientifiques associées, notamment plusieurs thèses en géosciences. Le projet de géothermie auvergnat s'appuie sur le projet PIA GoFaust (attribué en 2018, pour une durée de 29 mois), dont l'objectif est de prouver la faisabilité

de la géothermie dans un contexte de zones de failles crustales, et donc d'étendre le potentiel géothermique à de nouvelles zones géologiques. Ce projet prévoit une phase préparatoire, avec des modélisations et des simulations, ainsi que la mise en place d'un démonstrateur. Le projet a fait l'objet de plusieurs publications scientifiques et de posters, notamment de la part de l'équipe de R&D du porteur de projet (TLS Geothermics).

Le projet de Geo-Energie Suisse bénéficie d'aides similaires au PIA, venant de la part de l'agence InnoSuisse. Deux projets ont été financés, et tous deux lancés en 2015 : Ramsis-RT, cherchant à développer un suivi en temps réel de la sismicité, et DG-Wow, qui cherche à développer un modèle de puits horizontaux.

Horizon2020 est un « programme-cadre » à l'échelle européenne, qui allait de la période 2014-2020, et remplacé de 2021 à 2027 par Horizon Europe. Dans les exemples que nous présentons, ces différents projets regroupent des acteurs académiques et industriels venant de différents pays européens, voire extra-européens. Par exemple, le projet MEET⁹⁰, dans lequel s'inscrit la centrale de Parentis-en-Born, est porté par un consortium de plusieurs universités et industriels, venant de France, d'Islande, d'Allemagne, de Belgique ou de Croatie. L'objectif affiché est de développer des systèmes EGS dans différents contextes géologiques, tout en permettant leur répliquabilité, avec la mise en place d'une dizaine de démonstrateurs, au sein de différents contextes géologiques. Le projet DESTRESS⁹¹ s'intéresse également au développement de l'EGS, en s'axant sur la création de réservoirs, la réouverture de fractures, etc. Il regroupe des universitaires et des industriels néerlandais, suisses, sud-coréens, allemands, anglais et français. Le projet Geothermica⁹² cherche quant à lui à identifier les ressources géothermiques en Europe, et développer des procédés techniques d'extractions. Le projet

90 Home. Dans: MEET [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 14 novembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.meet-h2o2o.com/>.

91 DESTRESS | Home [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 14 novembre 2022]. Disponible à l'adresse: <http://www.destress-h2o2o.eu/en/home/>.

92 GEOTHERMICA. Dans: Geothermica [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 14 novembre 2022]. Disponible à l'adresse: <http://www.geothermica.eu>.

Thermodrill⁹³ cherche à développer des systèmes de forages à l'aide du forage rotatif et de la pression hydraulique, en cherchant à réduire les coûts.

Ces différents projets illustrent le soutien des pouvoirs publics à la recherche et développement du secteur privé, à travers le financement de crédits de recherche, afin de passer d'une promesse sociotechnique à une concrétisation, souvent sous la forme d'un démonstrateur, à travers le passage de différentes étapes sur l'échelle TRL. Certains projets s'intéressent à un aspect précis – comme le forage ou l'identification des ressources –, où d'autres expérimentent différentes technologies et construisent des démonstrateurs complets. Au-delà des enjeux techniques, ces différents projets s'inscrivent au sein de stratégies industrielles plus larges.

2.3. ...et s'inscrivant au sein de stratégies industrielles

Ces différents projets de recherche et développement s'inscrivent au sein de différentes stratégies industrielles. Ces derniers se concentrent sur différentes ambitions, nourrissant les promesses sociotechniques.

Une première ambition, notamment portée par les industriels, est un discours présentant la géothermie comme une énergie renouvelable, et donc comme essentielle au sein de la transition énergétique :

« Le coût de l'investissement est élevé, mais après les coûts de fonctionnements sont dérisoires, la chaleur c'est de l'eau chaude, elle est gratuite, elle est fournie par le sous-sol, donc, et puis elle est là à profusion, donc il y a une recharge qui est faite par le magma terrestre, et toutes les roches dans lesquelles circule l'eau géothermale, elle est vraiment très chaude, il y a un potentiel assez important [...]. Je pense que le lithium aura de beaux jours, l'exploitation du lithium par la géothermie a de vraiment de beaux jours devant lui. » (TFR_AFPG, président de l'association de filière)

« Ce n'est pas comme l'énergie solaire, c'est vrai qu'on a une intermittence, des choses comme ça, mais sur de la géothermie, on n'est pas certain d'avoir les débits ou les températures souhaités. Si on n'a pas, c'est tout le projet qui a volé en

93 KOSTOV, Petre. ThermoDrill. Dans: *Innovation and Networks Executive Agency - European Commission* [en ligne]. 15 juin 2016. [Consulté le 14 novembre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/projects/h2o2o-energy/geothermal/thermodrill>

éclat. Donc on a plusieurs choses à mettre en œuvre. C'est à la fois bien mieux caractériser le sous-sol, donc ré-exploiter les données sismiques, faire de nouvelles campagnes d'acquisitions sismiques, préciser justement ces tests-là, c'est apporter un soutien financier, l'assurance, si on ne trouve pas la ressource, si on ne retrouve pas... on est sur des filières qui n'ont pas les mêmes capacités que les industries d'Oil&Gas. Il faut pouvoir assurer ce type de projets, on n'est pas dans les mêmes conditions de température et de débits. Et puis il y a un autre aspect qui est intéressant, je pense. Aujourd'hui la bascule, il y a cette transition énergétique qui est nécessaire. » (Pau_PoleAvenia, chargé de projet au sein du pôle de compétitivité)

Le discours porté par les industriels est que la géothermie, sous réserve d'avoir les bonnes conditions géologiques, est présentée comme une énergie renouvelable et illimitée. En la présentant sans intermittence, les industriels présentent son intérêt face à d'autres formes d'énergies renouvelables qui le sont – la plaçant du côté de l'hydroélectricité et du nucléaire, par opposition aux énergies intermittentes comme le solaire ou l'éolien. De même, l'argument de l'extraction du lithium, issue des fluides géothermaux, s'inscrit dans un contexte où il y a une volonté en Europe, de développer cette filière d'approvisionnement, notamment pour alimenter l'industrie des batteries électriques. La présentation de la géothermie comme pourvoyeuse d'une énergie bon marché et sans intermittence, mais aussi comme une possible solution pour la constitution d'une filière de batteries électriques, marque la volonté pour les acteurs industriels d'inscrire doublement la géothermie au sein de la transition. En la présentant comme une énergie de choix, voire comme incontournable, il y a une volonté de justifier son financement, notamment de la part du secteur public, de projets de géothermie. En effet, l'apport capitaliste au départ, la dimension « risque géologique », mais également le manque de connaissance du sous-sol est clairement affiché, et est présenté comme un manque de moyens face à d'autres filières du sous-sol. Ce financement permettrait ainsi de justifier de structurer et d'aider à « monter en capacité » une filière du sous-sol présentée comme nécessaire à la transition énergétique.

Si le discours de la transition énergétique, et les promesses que porte la géothermie sont présents, il existe également d'autres discours, qui, de manière complémentaire,

permettent de justifier le développement – et le financement – de la géothermie. Ces derniers s'inscrivent, comme nous l'avons vu durant les chapitres précédents, au sein de stratégies industrielles propres à chaque acteur.

Un premier discours est la nécessité de créer et de structurer nationalement une filière de la géothermie profonde, permettant ainsi de rajouter un type d'énergie dans le mix énergétique national. Fonroche, fait une promesse de développer une filière nationale de géothermie profonde, par le truchement d'un « puits universel », l'achat d'outils de forage⁹⁴, mais aussi par le dépôt de plusieurs PER dans la décennie 2010. Nous retrouvons une dynamique similaire en Suisse avec Geo-Energie Suisse, où le projet de Haute-Sorne a vocation à se généraliser à travers le déploiement d'autres projets au sein du pays. Ce projet est en effet le principal projet EGS de la Suisse, faisant suite à plusieurs échecs (Bâle, Saint-Gall, etc.) ayant marqué le pays. Il y a ainsi un enjeu de créer une filière, en France, soit de relancer cette filière, en Suisse. Les industriels vont ainsi mobiliser une rhétorique de la promesse sociotechnique, afin de se positionner sur le marché de la production énergétique.

Un autre discours est l'enjeu de l'extension de la géothermie à de nouveaux territoires, et donc à de nouveaux contextes géologiques, à l'instar des projets alsaciens ou auvergnats. Cette volonté d'extension à de nouveaux territoires s'inscrit dans une logique d'extension du capitalisme, où il est recherché de nouveaux gisements de ressources, afin d'enranger plus de profits (Harvey 2010).

Le dernier type de discours est une volonté de réinvention pour survivre. Cela s'incarne notamment à travers la centrale de Parentis-en-Born, où la géothermie est perçue comme un moyen de faire perdurer la filière pétrolière, ou du moins ses acteurs. Cela

94 Cette promesse est remise en question de par la liquidation de leur filiale de forage Foragelec, remettant en cause leur stratégie de structuration de la filière de géothermie profonde en France. Voir notamment *Société FORAGELEC SAS: Chiffre d'affaires, statuts, Kbis* [en ligne]. [Consulté le 19 octobre 2022]. Disponible à l'adresse: <https://www.pappers.fr/entreprise/foragelec-sas-798290524>

s'illustre notamment à travers le discours justifiant le financement de la géothermie par l'extraction pétrolière, en dépit de l'arrêt planifié par la législation.

Ces trois types de discours – création, extension, réinvention – s'inscrivent dans une logique industrielle capitaliste visant à s'étendre, à travers une exploitation et une extraction toujours plus importantes des ressources. Néanmoins, cela n'est possible qu'au prix d'importants investissements pour améliorer la connaissance du sous-sol, mais aussi d'améliorations technologiques, rendu possible notamment grâce à des crédits de recherche. Cependant, si la question de l'incertitude du sous-sol est partiellement résolue à travers un système assurantiel et de développement technologique, la géothermie doit trouver son modèle économique.

3. À la recherche d'un nouveau modèle économique : de l'arrêt de soutien à la géothermie électrogène à l'eldorado du lithium

La géothermie, en tant que production de chaleur, a trouvé une forme de rentabilité au sein du Bassin parisien, rendue possible par une concentration dense de réseaux de chaleurs urbaines et d'aires urbaines importantes. Néanmoins, les conditions ne sont pas forcément favorables sur d'autres territoires, tant d'un point de vue de la présence de ressources de sous-sol – un couple débit/chaleur insuffisant – que de débouchés de surface. Les industriels ont alors cherché à coupler la production de chaleur avec d'autres productions, comme le pétrole, le lithium, ou la production électrique. Pour ce dernier point, l'arrêt du tarif de rachat préférentiel, en France, remet en cause cette stratégie.

3.1. La chaleur, une énergie contrainte pour un usage de proximité ?

Si l'une des productions principales de la géothermie est la chaleur, elle est néanmoins contrainte d'avoir un débouché à proximité de son lieu de production :

« Et puis la géothermie a une contrainte énorme, c'est que vous ne transportez pas la chaleur. Donc si vous voulez exploiter de la géothermie sous forme de chaleur uniquement, il faut exploiter là où vous en avez besoin. C'est pour ça que les communes du Bassin parisien forent leurs puits sous leurs territoires pour chauffer leurs écoles et leurs piscines. On ne va pas aller chauffer la plaine du Bassin parisien et les champs de betteraves, récupérer la chaleur là, parce qu'une fois récupérée, on va la perdre pendant le transport. » (TFR_IPFEN1)

L'acteur pointe ici l'adéquation entre la production et la demande d'énergie. En effet, un paramètre à prendre en compte est la déperdition de chaleur sur les longues distances, faisant ainsi perdre l'intérêt pour ce type d'énergie lorsqu'elle est transportée sur de longues distances. Il est ainsi nécessaire d'avoir un débouché à proximité, par exemple des bâtiments, un réseau de chaleur urbain ou des serres. Un autre élément, que l'on avait pu voir précédemment à travers l'exemple de Parentis, est la question de la compétitivité de la chaleur géothermale face à d'autres formes d'énergies, à l'instar du gaz – dont le prix, au moment de nos entretiens en 2020-2021, n'avait pas connu une hausse due à la guerre russo-ukrainienne.

Les industriels et l'ADEME vont ainsi chercher à faire connaître la géothermie auprès des collectivités territoriales :

« Et on s'aperçoit qu'il y a des études d'explorations qui seraient nécessaires au niveau régional. Et donc on va voir les régions, en disant "voilà, sur votre région, il y a des zones intéressantes, il y a des populations, il y a des besoins à satisfaire, il y a en profondeur probablement des ressources géothermiques profondes, est-ce que vous seriez intéressés, au côté de l'ADEME, de financer des études régionales pour reconnaître des ressources géothermiques profondes au travers par exemple le retraitement de lignes sismiques ?". Donc ça serait un moyen par ce biais de venir vers les régions, au niveau de l'ADEME. "Est-ce que vous voulez accompagner, vous, Régions, dans le développement de la géothermie profonde ?". [...] La géothermie aujourd'hui, sur le réseau de chaleur, c'est une des énergies les moins chères qui soient. [...] Si on arrive à avoir une politique nationale, un plan géothermie, en disant "voilà, on met en place des outils, on met en place des aides", je suis sûr que les régions derrière vont suivre. [...] partir du moment où

l'État dit "il y a un plan solaire thermique, l'ADEME apporte des aides", les Régions derrière suivaient. Par contre, lorsqu'il n'y avait rien du tout comme la géothermie, les régions n'y allaient pas. Donc elles sont un peu suivistes. Donc si on avait un plan en disant "il faut organiser la géothermie profonde pour remplir les objectifs de la PPE pour cette filière", si on communiquait autour de ça, peut-être qu'on ait la possibilité d'entraîner les Régions ou les Départements.» (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Comme au niveau des plans d'assurance des forages, les Régions sont appelées à jouer un rôle important dans le déploiement de la géothermie – comme des autres énergies renouvelables. D'où le fait que ce représentant de l'ADEME insiste sur le fait de promouvoir cette technologie auprès de décideurs locaux, afin de permettre l'adoption, et donc son financement par les Régions. Néanmoins, bien que les Régions aient les compétences d'organisation régionale de l'énergie, à travers le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie, elles attendent un « signal » permettant de les rassurer, passant, pour ce représentant de l'ADEME, par un plan national organisant la filière. On est alors face à une incongruence de la décentralisation des compétences, où bien que les régions aient une autonomie de planification énergétique, elles attendent un plan national.

Si la production de chaleur par la géothermie peut présenter un intérêt, notamment du fait d'une production sans intermittence ou illimitée, elle est conditionnée à des usages de proximité, du fait de déperdition calorifique, limitant son transport. L'extension de la géothermie passe à travers un démarchage auprès de collectivités locales, et où il est recherché un financement régional pour permettre le déploiement – notamment pour permettre les investissements initiaux –, en complément d'aides déjà existantes comme le fonds de garantie.

3.2. Produire de l'électricité pour rentabiliser la chaleur ?

Nous avons vu au sein du chapitre 4, qu'il y avait eu, entre 2013 et 2019, une volonté de l'État de soutenir une filière de géothermie électrogène, au nom de la transition énergétique. Cela s'est notamment traduit à travers la mise en place, en 2012, d'un tarif aidé

de rachat garanti de l'électricité, puis augmenté en 2015 par la loi relative à la transition énergétique pour une croissance verte. Cette aide est une forme de subvention afin d'aider le développement des filières d'énergies renouvelables.

« Il a été proposé un tarif, parce que le problème de ces activités du sous-sol et de la géothermie qui n'est pas la seule, c'est que ça a besoin de capitaux importants pour pouvoir fonctionner. Et donc, il faut assurer une rentabilité au projet. Et donc, ils avaient obtenu, ils disposent d'un certain nombre de soutiens déjà, mais ils avaient obtenu la possibilité d'avoir un tarif d'achat de l'électricité, qui soit assez important, 200 € par mégawatt/heure dans mes souvenirs, donc c'était l'assurance que s'ils étaient en situation de pouvoir produire de l'électricité, elle serait rachetée à ce tarif-là sur un délai suffisamment long. Donc ce qui a permis les déclenchements de certains projets [...]. En revanche, il s'est avéré que le gouvernement ait, comment dirais-je, priorisé ses cibles, et redéfini la manière dont il allait aider la filière des énergies dites "renouvelables". Et la géothermie, sur ce sujet-là, le soutien à la géothermie haute-température fabriquant de l'électricité a été considéré comme un peu... enfin, trop élevé pour pouvoir être continué de cette manière-là en tout cas. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

« En métropole, le tarif a boosté le dépôt de permis [...] les opérateurs se sont lancés, et malheureusement, à peine deux ans après la sortie de ce nouveau tarif, l'État a annoncé qu'il mettait fin à ce complément tarifaire, qu'il jugeait trop élevé. Donc sans qu'il y ait un seul kilowatt/heure qui ait été produit à ce tarif-là. Ils ont prétexté la crise des gilets jaunes, il ne fallait plus avoir des tarifs aussi élevés, alors que bon, le photovoltaïque, quand il a démarré, il était à 600 € le MWh. La géothermie est à 243 €/MWh. Voilà, c'était juste pour vous situer le contexte, et donc ça a un peu bouleversé la donne, puisque si vous avez plus de compléments tarifaires, c'est difficile de faire des projets, de trouver des investisseurs qui peuvent mettre plusieurs millions sur la table, pour faire un projet dont on ne sait pas s'il sera rentable. Donc c'est toujours le problème, si vous faites un projet uniquement chaleur, il faut trouver dès le début le client, et que le client est d'accord pour vous acheter la chaleur qui permet de payer les investissements. Alors que l'électricité, si vous avez un complément tarifaire, comme la France est bien irriguée par tout un réseau de distribution d'électricité à 1 000 volts, vous pouvez, où vous soyez en France, vous pouvez très rapidement vous raccorder au réseau. Donc il n'y a pas ce problème de recettes, et ça a un peu bouleversé la donne. » (TFR_AFPG, président de l'association de filière)

Le tarif de rachat de l'électricité issue de la production géothermale jouait un rôle de subvention de la géothermie, notamment lors des investissements initiaux, qui, comme nous l'avons vu, étaient conséquents. Un autre enjeu était de permettre de développer d'une filière, en permettant aux investisseurs d'avoir un retour sur investissement suffisant. L'électricité présentait, contrairement à la chaleur, la possibilité de

s'émanciper de contraintes et de trouver des débouchés à proximité, ce qui leur présentait un certain avantage. Cependant, les conditions géologiques en France métropolitaine font que, hormis certains territoires présentant des anomalies thermiques, il est difficilement possible d'atteindre les 150 °C nécessaires à la production électrique, justifiant l'arrêt des subventions :

« Le schéma actuel, c'est effectivement, la production de chaleur ça serait effectivement la métropole, la production d'électricité ça serait plutôt les territoires d'outre-mer. Pourquoi ? Parce que les ressources sont en outre-mer sont d'origine volcanique. Par exemple à Bouillante, en Guadeloupe on a une ressource qui est à 1 000 mètres de profondeur et qui a 270°. À 1 000 mètres de profondeur en métropole, en moyenne, vous êtes à... 45°. Donc en métropole, sauf aller forer très profondément, c'est-à-dire au-delà de 5 000 mètres de profondeur, en moyenne, vous pouvez éventuellement faire de l'électricité, mais à moins. ...] Ils [Fonroche à Vendenheim] vont produire de l'électricité parce qu'ils bénéficient d'un tarif tout à fait intéressant, à 246 € le kWh produit, mais ce tarif va être abrogé. Donc aujourd'hui, sur la géothermie électrique métropolitaine, ce n'est pas possible, pour un opérateur. Par contre, dans les territoires d'outre-mer, la géothermie qui sort à peine le 100 € le kWh. Donc ça passe bien, parce que beaucoup de production des énergies électriques dans les territoires d'outre-mer, c'est plutôt 250 € le kWh. Parce qu'on est obligé d'utiliser les groupes diesel, avec de l'énergie fossile importée. Voilà. Et donc la géothermie souvent électrique, dans les Territoires d'outre-mer, ça a du sens. En métropole, je trouve que ça moins de sens. [...] Ça a été abrogé, parce qu'au niveau de l'État, on a considéré qu'en comparant ce tarif à celui de l'éolien ou du solaire, c'était trop cher. Sauf que l'État n'a pas pris en compte le fait que le fait qu'il y a dix ans, quinze ans de tarifs du solaire et de l'éolien étaient bien supérieurs aux 250 € kWh, il était de 300, 400, 500 € minimum. » (TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Si l'abandon du soutien à la géothermie s'est fondé sur des critères technoéconomiques – et notamment sur une production de température trop basse pour la production électrique à un coût jugé raisonnable –, un autre argument mobilisé étant son non-alignement face au prix de rachat d'autres énergies renouvelables, à l'instar des éoliennes flottantes qui, selon la PPE de 2019-2023 a un tarif de rachat de 150 €/MWh contre 246 €/MWh pour la géothermie. Cependant, le contexte géologique en outre-mer – essentiellement dans les Antilles ou à la Réunion – est volcanique, nécessitant des forages moins profonds, réduisant d'autant les coûts, en ayant une production d'énergie décarbonée. Cependant, l'acteur de l'ADEME questionne la baisse des coûts

de production sur le long terme concernant les autres énergies renouvelables, du fait d'avancées techniques qui optimisent la captation des ressources, et qui pourraient également concerner la géothermie. Comme nous l'avons vu, des travaux de R&D vont en ce sens, notamment à travers des travaux sur les forages et les puits. Nous pouvons cependant questionner les choix stratégiques de l'État d'abandonner le soutien de la géothermie au profit d'autres filières, sans miser sur une possible baisse des coûts de production et un alignement avec les autres formes d'énergies renouvelables. Si ce choix peut être compréhensible dans une logique de gestion de l'argent public, on peut se demander si cela ne peut pas révéler un manque d'intérêts ou de compréhension du sous-sol de la part des services étatiques.

Cependant, si la géothermie électrogène est abandonnée en France métropolitaine, la stratégie de développement en outre-mer et à l'étranger se manifeste entre autres à travers un mécanisme de soutien :

« On est en train de monter un fonds de garanti géothermique français, le FGGF, *French Geothermal Guarantee Fund*, qui est un fonds de garantie qui serait orienté à l'international et pour les Territoires d'outre-mer pour de la production d'électricité. Et donc c'est un fond qui viendrait en complément de dispositifs qui existent dans le monde. [...] Le fond fonctionnerait avec des *royalties*, c'est-à-dire que les opérateurs payeraient des primes pour bénéficier des garanties, mais pour les opérations qui seraient réussies, apporteraient sur la vente d'électricité et de chaleur une quote-part pour réalimenter le fonds de garantie. Ce qui permettrait à la fois de baisser le coût initial, et d'assurer une certaine pérennité du fonds. [...] L'idée qu'on a derrière ça, c'est de permettre à des opérateurs français d'aller réaliser des opérations [...] et de permettre d'avoir des références, et ce qu'on veut c'est que ce type de fonds prenne en compte en fait l'ensemble d'un projet. »
(TFR_ADEME, chef de projet à l'ADEME)

Les choix énergétiques faits lors des dernières PPE nous révèlent ainsi un usage différencié des différentes énergies. Si la géothermie électrogène n'est plus intéressante au sein du territoire métropolitain, elle est néanmoins une énergie d'export, s'inscrivant dans des logiques industrielles au sein d'un marché mondial de l'énergie. De ce fait, il est acté que, territorialement, la géothermie électrogène est difficilement implantable dans le contexte métropolitain – l'outre-mer présentant des caractéristiques géolo-

giques plus favorables du fait de l'activité volcanique. La mise en place d'un fonds dédié d'export, calqué sur ce qui est fait sur le territoire national, peut illustrer une maturité économique – ce système de fonds semblant montrer satisfaction. Ainsi, le principal verrou dans ce modèle est la question de la ressource, et non pas du modèle économique.

En France, le développement de la géothermie électrogène s'est concentré sur six ans, entre 2013 et 2019. Si d'abord elle a été encouragée, à travers un tarif de rachat, elle a été abandonnée en France métropolitaine, du fait d'une chaleur insuffisante pour produire de l'électricité à un prix pouvant s'aligner face à d'autres énergies renouvelables. Néanmoins, elle bénéficie d'un soutien pour se développer en outre-mer et à l'étranger.

Nous retrouvons un mécanisme similaire en Suisse, à travers un système de la « *rétribution à prix coûtant* », où l'électricité issue des énergies renouvelables était rachetée selon un barème fixé par la loi. Mise en œuvre en 2009, ce système est abrogé fin 2022 :

« Les systèmes de soutien à la production de l'électricité évoluent au cours du temps. Ce n'est pas toujours facile, ce qui s'appliquera vraiment lorsque le projet sera là. Mais le principe retenu pour ce genre de projet c'est ce qu'on appelait en Suisse la "rétribution à prix coûtant", maintenant c'est plutôt le système de "rétribution de l'injection". [...] Il y a un tarif de reprise garanti qui permet de rentabiliser l'investissement. Chaque consommateur suisse paie une taxe sur l'électricité qui permet d'alimenter un fonds, laquelle permet de soutenir les énergies renouvelables. Le solaire aussi bénéficie de fonds, la biomasse, toutes les technologies. [...] Il y a aussi des mécanismes de subventions plutôt d'aide aux soutiens des travaux, de la Confédération, ces nonante millions, c'est des soutiens à la mise en place du service, un soutien aux investissements du projet, et pas un soutien au rachat de l'énergie. De plus en plus, la politique suisse s'oriente vers un système de soutien à l'investissement, de prime unique lors de l'installation, par exemple si vous installez des panneaux solaires pour faire de l'électricité chez vous, vous touchez une subvention à l'investissement qui permet de réduire les coûts de l'investissement et donc de rentabiliser l'installation. » (Suisse_Canton, responsable de l'énergie au sein du Canton du Jura)

Si la Suisse avait fondé le développement des énergies renouvelables à travers un tarif de rachat de l'électricité garantissant pour le producteur un débouché, elle a cependant changé de paradigme, en orientant vers une aide à l'investissement. C'est à travers ce mécanisme qu'est financé, à hauteur de 90 millions d'euros, le projet de Haute-Sorne

(voir chapitre 5). D'une certaine manière, la Suisse suit la même trajectoire que la France, en translatant d'un tarif de rachat subventionné vers une aide à la mise en place des projets.

La géothermie électrogène est ainsi une énergie coûteuse, nécessitant des forages profonds pour atteindre une chaleur satisfaisante pour générer de l'électricité. Elle bénéficie d'un soutien des pouvoirs publics pour permettre le déploiement et la rentabilisation de ces centrales, justifiés par la nécessité de développer des énergies renouvelables. Néanmoins, les coûts initiaux de la géothermie font qu'elle est peu compétitive face à d'autres formes de production électriques renouvelables.

3.3. Le lithium, eldorado ou mirage de la géothermie ?

L'abandon du tarif de rachat de l'électricité correspond, en France, à la découverte de lithium dans les fluides géothermaux alsaciens. Les industriels ont ainsi réorienté leur promesse sociotechnique, faisant une translation d'une géothermie électrogène à une géothermie permettant d'extraire du lithium « sans risque ». Cette translation est d'autant plus facile qu'elle s'inscrit au sein de la transition énergétique, et où on passe d'une rhétorique fondée sur la production d'une électricité sans intermittence à l'approvisionnement de matières premières pour créer des batteries de voitures électriques.

Une analyse d'un corpus de presse (N=99), répartie entre 2017 et 2022 permet de voir la construction d'un engouement autour du lithium issu de fluides géothermaux. Notons cependant que cette analyse peut être difficilement être exhaustive. En effet, au moment où nous écrivons cette thèse, la question du lithium est particulièrement brûlante, dans un contexte où les pays européens cherchent à relocaliser la production d'un certain nombre de matières premières.

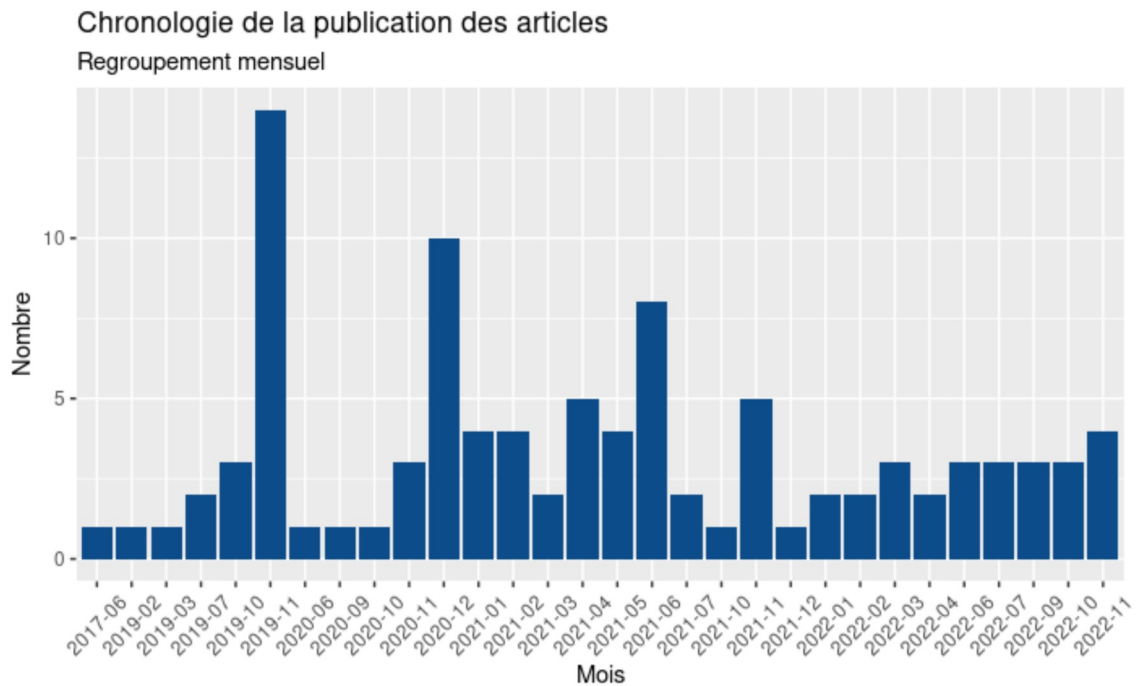


Figure 32: Chronologie de la publication des articles, comportement le mot « lithium »

La découverte du lithium dans les fluides géothermaux remonte à 2017 – où on savait déjà qu’il existait du lithium dans les fluides géothermaux alsaciens –, on constate une série importante de publications en octobre 2019 (figure n°32). Ce pic fait suite à la publication de la PPE disant qu’elle ne soutiendrait plus le tarif de rachat préférentiel de l’électricité, et d’une étude de Roquette Frères disant qu’il était possible d’extraire en Alsace jusqu’à 15 000 tonnes de lithium par an. Cette étude est alors perçue au sein de la presse comme un argument pour justifier le financement de la géothermie, dans un contexte où elle était remise en question au sein des politiques publiques. Électricité de Strasbourg annonce ainsi la création prochaine d’un démonstrateur d’extraction du lithium. Il se construit alors médiatiquement la promesse d’un « eldorado » autour de la production de lithium, avec la promesse d’une production française couvrant plus d’un tiers des besoins. Un an plus tard, en octobre 2020, trois permis exclusifs de recherche de lithium géothermique sont mis en consultation dans le Bas-Rhin, par Électricité de Strasbourg (ÉS) et Fonroche. Par la suite, la question du lithium revient suite à la série de séismes à Strasbourg (décembre 2020) – où on s’inquiète notamment pour la pro-

duction de lithium – ou lorsque Fonroche cherche à exploiter le lithium dans le Massif central au printemps 2021. En mai 2021, Eramet, en collaboration avec ÉS, a mis en œuvre un procédé d'extraction de lithium, à partir des fluides géothermaux, et où les premiers kilos de lithium ont pu être extraits (voir photographie-ci après).



Figure 33: Échantillon de lithium issue des fluides géothermaux alsaciens – Photographie personnelle

En juin 2022, est annoncée la création en 2025 d'une usine en Alsace, et en novembre 2022, la venue d'un acteur industriel allemand, Vulcain Energy, qui a demandé un permis d'exploration.

Lors de nos entretiens, en 2021, différents acteurs industriels, notamment le représentant de la filière de la géothermie, avaient un discours qui plaçait des espoirs dans cette valorisation, malgré un contexte d'incertitude :

« Il s'est greffé depuis peu de temps la possibilité d'extraire du lithium dans certaines parties du territoire, où il y a des teneurs assez élevées de lithium dans l'eau géothermale, et donc ça, ça peut relancer tout l'intérêt niveau économique, parce que si vous n'avez pas suffisamment de clients de chaleur, mais si vous avez beaucoup de lithium, bon, le projet peut tout à fait trouver son équilibre économique avec la production de lithium. À condition bien sûr qu'on puisse finaliser la technologie d'extraction de ce lithium, ce n'est pas tout à fait terminé, c'est un stade très avancé au niveau recherche, prototype scientifique et également prototype industriel c'est plutôt en bonne voie, cela étant, on n'a pas vendu la peau

de l'ours avant de l'avoir tué comme on dit, et il faut encore attendre un ou deux ans, avant que ça soit mis en point. Mais bon, énormément d'entreprises au monde travaillent sur ce sujet lithium, je ne suis pas très inquiet sur la capacité des acteurs, des techniciens, des ingénieurs dans leurs capacités d'extraire du lithium dans peu de temps. » (TFR_AFPG, président de l'association de filière)

Ainsi, comme souvent avec la géothermie, la promesse joue un rôle important – cette fois-ci, autour du lithium. En effet, un projet de recherche mis en place entre 2019 et 2021, le projet EuGeLi (*European Geothermal Lithium Brine*) est financé par l'Institut européen d'innovation et de technologie. Cet acteur a ainsi conscience de la difficulté technique de rendre industrialisables les procédés, mais également de convaincre (ou enrôler, si on reprend la terminologie de la sociologie de la traduction) différents acteurs, en dehors de la filière de la géothermie, afin de développer la filière du lithium : raffinement pour rendre exploitable l'usage du lithium extrait, usines fabriquant des batteries, etc. Ainsi, il y a une volonté de franchir les différentes étapes TRL, avec *in fine* la promesse de construire des batteries avec du lithium géothermal.

« Avec la sécurisation de l'outil de forage, la vision sous la forme d'un réservoir, et non plus de considérer la géothermie comme une source d'énergie pour fournir de l'électricité, mais d'utiliser la source brute, qui nous permette le meilleur rendement qu'est la géothermie chaleur. Et ça évidemment, quand on regarde les velléités de véhicules électriques, mais quand on met ça au regard des productions actuelles du lithium, on voit bien qu'il y a un hiatus très clair : on ne pourra pas produire des millions, des centaines de millions de véhicules électriques, avec la production actuelle de lithium, qui est quand même d'un point de vue environnemental absolument catastrophique. Or, dans les eaux géothermales alsaciennes en particulier, la concentration et les méthodes d'extractions pour lequel on travaille actuellement permettront d'avoir quand même des productions tout à fait intéressantes pouvant couvrir jusqu'à des besoins nationaux, voire européens. Et ça, en respectant des conditions environnementales tout à fait satisfaisantes. Donc là aussi, on est sur un vrai changement de paradigme assez majeur pour le développement des véhicules électriques. » (Strasbourg_Arverne, responsable du développement)

« Donc je pense que là, surtout avec le lithium, le soutien a augmenté de manière assez forte, bon, il y a de vrais enjeux, parce qu'aujourd'hui, les mines de lithium sont trustées par les Chinois pour à peu près 80 %, il me semble, ils ont mis la main sur 80 % de la production mondiale, donc on va plutôt avoir un peu de souveraineté dans ce domaine-là. Dans des pays comme ceux d'Europe, parce que sinon, on est un peu trop dépendant. Donc là, il y a une prise de conscience toute récente, donc une volonté d'aider les opérateurs à développer cette filière. » (TFR_AFPG, président de l'association de filière)

La rhétorique employée par les industriels est la nécessité d'avoir du lithium pour produire des batteries pour les voitures électriques. En effet, cette technologie est souvent présentée au sein du discours médiatique comme nécessaire pour la transition énergétique, permettant ainsi de se passer d'hydrocarbures. En sus, un autre argument mobilisé est la « souveraineté » des ressources, notamment vis-à-vis de la production chinoise, avec la crainte d'une dépendance envers ces acteurs. Une crainte, évoquée par les acteurs durant les entretiens, est la pénurie de matières premières, évoquant notamment la pénurie de masques ou de médicaments qu'avait connue l'Europe au printemps 2020, durant la pandémie de Covid. Il y a ainsi une inscription d'une stratégie industrielle – produire du lithium – au sein d'un discours plus large de géopolitique visant à mieux contrôler l'approvisionnement d'un certain nombre de ressources. Le discours d'une production « française » ou « européenne » s'accompagne également d'un discours teinté de responsabilité sociale des entreprises, où il y a une volonté de « faire mieux », anticipant les critiques des mines de lithium, accusés d'avoir un fort impact environnemental. Néanmoins, on peut également voir une posture opportuniste, notamment lorsqu'il est évoqué un « changement de paradigme », passant de l'électricité à la production de lithium. En effet, comme nous l'avons vu, l'arrêt du tarif préférentiel remet en cause le modèle économique des centrales, et la perspective du lithium apparaît alors comme un substitut possible.

« Je rajouterai aussi les autres éléments qui se trouvent dans l'eau géothermale, il y a beaucoup, il y a une quarantaine d'éléments qui se trouvent, y compris des éléments stratégiques, il y a vraiment beaucoup de choses dans l'eau géothermale selon les endroits, ça sera à mon avis la mine du futur. Donc on va extraire du minerai par de l'eau qui nous remonte tout ça depuis le sous-sol, et il faudra le filtrer en surface, apprendre à le gérer, et là on pourra aussi tout à fait avoir un vrai pan de l'extraction minière qui pourrait être couplée avec la géothermie, parce que forcément il faut remonter l'eau chaude et en général il faut retirer des calories pour pouvoir extraire des éléments, parce que sinon les filtres vont brûler, vont être détériorés beaucoup plus vite, donc on extrait la réinjection en enlevant les calories, donc ça veut dire en chauffant des process quelque part, donc le mariage entre géothermie et extraction d'éléments qui se trouvent dans l'eau géothermale, moi c'est des grosses pistes d'avenir pour la géothermie. »
(TFR_AFGP, président de l'association de filière)

Enfin, au-delà de la question du lithium, cet acteur fait la promesse d'une « mine du futur » sans mine où l'extraction des ressources minières pourra se faire sans la mise en place de mines conventionnelles. Cela s'inscrit au sein d'un processus plus long, le « renouveau minier »⁹⁵, porté notamment par l'ancien ministre de l'Industrie Arnaud Montebourg, et consistant à rouvrir des mines en France, dans un contexte de sécurisation des approvisionnements et de ré-exploitation du sous-sol (Chailleux 2022). Cet acteur cherche ainsi à s'inscrire dans cette dynamique, en proposant, de manière opportuniste, que la géothermie puisse permettre une extraction sans construire des mines à ciel ouvert, suscitant une opposition locale. En parallèle, l'extraction de minerais par ce biais permet de justifier l'existence d'une activité géothermale, et donc de perpétuer la filière.

La découverte du lithium et la mise en place de démonstrateurs s'inscrivent dans un contexte de remise en cause de la géothermie électrogène. Les industriels voient ainsi une opportunité d'assurer la perpétuation de leur filière, notamment en arguant des besoins de lithium pour construire des batteries électriques – s'inscrivant dans un registre de transition énergétique –, mais également en évoquant des questions de souveraineté – s'inscrivant dans une géopolitique plus large des ressources, et d'une forme de « mine sans mine », qui serait potentiellement plus acceptable que la réouverture de mines plus conventionnelles pour répondre à ces besoins. De ce fait, le lithium géothermal permet de réinventer le modèle technoéconomique de la géothermie, lorsque sa rentabilité est menacée.

95 Voir à ce propos la thèse de Flavy Retourney, à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, en cours de rédaction au moment où cette thèse est elle aussi en train d'être rédigée.



La géothermie, en tant que technologie, doit faire face à l'incertitude inhérente au sous-sol. Si, de par la trajectoire sociotechnique, des connaissances ont pu être accumulées, il est nécessaire de les compléter, afin de mitiger l'incertitude. Cependant, les opérations sont extrêmement coûteuses, sans avoir la garantie pour l'opérateur de trouver une ressource en quantité suffisante permettant d'amortir l'investissement initial. Le monde industriel a ainsi mis en place un système assurantiel permettant de couvrir le risque. Un effet secondaire est que, en minimisant le risque ainsi pris, cela incite les opérateurs à explorer des territoires peu connus.

Cependant, l'extension vers d'autres territoires nécessite des ajustements technologiques, rendus possibles grâce à de nombreuses promesses sociotechniques, qui proposent de lever les incertitudes du sous-sol, afin de mieux contrôler et mitiger les risques, tout en permettant de prélever suffisamment de ressources à un coût raisonnable. L'objectif de ces promesses est, entre autres, de lever des crédits de recherches permettant de développer la technologie, et de la faire passer d'un stade théorique à un pilote industriel. Ces promesses s'inscrivent au sein de différents discours, allant d'une justification sous le prisme d'une transition énergétique, à une volonté de créer, étendre ou réinventer des parts de marché de l'énergie, et s'inscrivent donc dans des stratégies industrielles plus larges. Cela contribue à inscrire le sous-sol dans un récit de transition énergétique.

Cependant, au-delà du développement de la technique, la question du modèle économique est également importante. En effet, en dehors d'agglomérations avec une forte densité de population, ou d'usages industriels particuliers – à l'instar de l'usine d'amidon à Rittershoffen – l'usage de la chaleur seule n'est pas forcément rentable face à d'autres formes d'énergies. Les industriels vont alors chercher à la coupler à d'autres productions, à l'instar de l'électricité – mais qui nécessite un soutien étatique pour être

compétitif face à d'autres formes de production électrique comme le nucléaire – ou le lithium, nécessitant cependant une phase de recherche et développement importante pour permettre un usage industriel.

Ces différentes formes d'incertitudes – sur la présence d'une ressource, sur le modèle technique et économique – ébranlent l'édifice où reposent les promesses technico-scientifiques. Nonobstant la mise en place d'une solution crédible sur le plan technique et économique, la géothermie peut être également à l'origine de séismes, modifiant les relations qu'ont les habitants avec leur territoire. Le sous-sol est ainsi « redécouvert » en tant que milieu, et où il est nécessaire, du moins c'est le récit qui est fait, de le contrôler, par un développement d'un modèle technico-économique adéquat. Néanmoins, comme nous l'avons vu dans ce chapitre, l'incertitude intrinsèque du sous-sol pousse les acteurs à tâtonner, et rend difficile le contrôle de ce milieu.

CHAPITRE 8 – QUAND LA TERRE TREMBLE : COMMENT LES SÉISMES CONSTRUISENT-ILS LES TERRITOIRES VERTICAUX ?

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que les projets de géothermie cherchent à stabiliser leur modèle technoéconomique, ce qui passe par la mise en place de configurations socio-techniques permettant au mieux de capter les ressources. Cependant, il y a, comme nous avons pu voir, une incertitude intrinsèque du sous-sol. La difficulté de prédire la réaction de ce milieu aux perturbations introduites par la géothermie peut être à l'origine de séismes, notamment parce qu'un réseau de failles n'aura pas été identifié, ou que ses réactions n'auront pas pu être prédites, etc. Ces « angles morts », inhérents au sous-sol, conduisent à des forages ou à des injections hydrauliques qui génèrent des séismes⁹⁶. C'est toute la problématique de la sismicité induite et de sa difficile prédictibilité, que nous n'aborderons pas ici⁹⁷.

Nous nous intéresserons ici aux effets sociaux induits par la sismicité induite. En effet, au-delà des conséquences physiques – la terre qui tremble –, les séismes ont également une influence sur les sociétés. Cette influence permet notamment une prise de conscience de la verticalité des territoires, c'est-à-dire d'intégrer la dimension sous-sol au sein des représentations mentales qu'ont les habitants de leur territoire (voir chapitre 2). Les séismes permettent de prendre conscience du sous-sol, et de potentiellement des dangers qu'il renferme. Il y a ainsi une volonté de vouloir le contrôler, de limiter les risques, avec la mise en place du contrôle de la technique : comme tout terri-

96 À titre d'exemple, le séisme de Saint-Gall, en 2013, a été induit par le percement d'une poche de gaz, non identifiée, qui a remonté le long du puits. Voir *SED | Géothermie Saint-Gall* [en ligne]. [Consulté le 24 novembre 2022]. Disponible à l'adresse : <http://www.seismo.ethz.ch/fr/earthquakes/monitoring/special-networks/st.gallen-network/>

97 Une autre thèse de doctorat est en cours actuellement à l'Université de Pau sur la sismicité induite.

toire, il y a une appropriation par les habitants, ainsi que de leurs représentants politiques.

Au sein de ce chapitre, nous allons étudier cette territorialisation du sous-sol – ou la verticalisation des territoires, cela dépend du point de vue que l'on observe. Dans une première partie, nous allons nous pencher sur la mise en débat de ces séismes, en regardant l'influence du séisme de Pohang (Corée du Sud) en 2017 sur les débats sur la géothermie jurassienne, ainsi que les débats en 2020 à Strasbourg suite à des séismes. Dans une seconde partie, nous regarderons comment cette prise de conscience se manifeste chez les habitants, et comment cela se traduit dans le champ politique. Nous regarderons également les singularités de chaque territoire, et comment le sous-sol est approprié. Dans une troisième partie, nous regarderons les conséquences institutionnelles du traitement des séismes, en l'illustrant avec le cas alsacien.

1. Quand la terre tremble à Strasbourg et à Bâle, ou quand la géothermie génère des séismes

La géothermie a été à l'origine de quelques séismes célèbres, à l'instar de Bâle (2008), Saint-Gall (2013), Pohang (2017) ou Strasbourg (2019-2020). Ces derniers ont pu être à l'origine de débats, comme à Strasbourg, mais aussi en Suisse, où il a été craint un séisme analogue à celui de Pohang. On assiste ainsi à une politisation des séismes, c'est-à-dire que ces derniers rentrent sur la place publique pour être discutés.

Ces séismes vont être alors débattus au sein de différentes arènes, dont nous discuterons au sein de cette partie. Le séisme de Pohang est discuté en Suisse, au sein d'une première arène qui se situe au sein du champ politique et médiatique, et où un projet local est examiné à la lumière d'un séisme similaire. Dans l'exemple strasbourgeois, cette discussion se situe au sein du champ technique et scientifique, où cette question a d'abord été auto-saisie par des universitaires de Strasbourg, puis a fait l'objet d'expertises pour le compte de l'État.

1.1. De la Corée du Sud à la Suisse : comment les séismes influencent-ils les débats ?

Avec Bâle et Saint-Gall, la Suisse est le pays qui a connu les premiers séismes induits par la géothermie. Une réponse technique a été initialement apportée : le séisme de Bâle a conduit à des travaux à l'origine du projet de Haute-Sorne, avec la promesse d'une géothermie portant des garanties suffisantes pour éviter un nouveau séisme. Néanmoins, le 15 novembre 2017, un séisme de magnitude 5,4 est déclenché à Pohang, dans le sud de la péninsule coréenne. Il y a une crainte d'un risque analogue sur le territoire jurassien, dans un contexte où la Suisse a connu des précédents. Cette question est alors saisie par le champ politique et médiatique. Ce séisme est perçu comme un tournant par les acteurs de l'époque :

« Je dirais que Saint-Gall n'a pas eu un impact majeur, et puis d'ailleurs, la procédure d'autorisation était à ses débuts, lorsque Saint-Gall s'est produit, et la procédure est allée de l'avant. Pohang, par contre, c'était une autre affaire, ça nous a fait beaucoup de mal. Parce que Pohang arrive fin 2017, à un moment où le projet est bloqué depuis deux ans, où le débat politique est presque à son paroxysme, les opposants ont cherché différents instruments pour pouvoir bloquer le projet. Et un des instruments qu'ils ont trouvé, c'était l'initiative populaire communale, qui avait pour objectif d'interdire la géothermie profonde sur tout le territoire cantonal. Et puis, on était en plein dans ce débat autour de cette initiative, et sur la validité légale de cette initiative, sur laquelle le parlement cantonal devait se prononcer, et la situation était déjà suffisante, chaude et tendue, et à ce moment-là, il y a Pohang qui se produit. C'était vraiment la cerise sur le gâteau, un évènement dont se serait bien passé, parce que, je dirais que c'était pour nous un point de rupture, les partis politiques qui étaient jusqu'à présent étaient soit restés derrière le projet, soit étaient restés relativement neutres, mais aucun politique n'avait prêté cause pour les opposants, Pohang ça été le point de rupture. Dès ce moment-là, il y a des individus et des partis qui ont dit "on ne veut plus de ce projet, quand on voit ce qui s'est passé en Corée, c'est trop dangereux". Et puis, c'est peu après qu'il y a un parti parlementaire, PDC, parti démocrate-chrétien, qui était le premier parti du canton du Jura, qui a lancé une initiative, une motion parlementaire, pour exiger du gouvernement un arrêt immédiat du projet. Il était ensuite suivi par toute sa fraction parlementaire, et puis par son parti, et puis je dirais [rires] c'est là qu'on a commencé à avoir plus une opposition beaucoup plus structurée. Avant l'opposition c'était les CRJ, et après Pohang, je dirais que le discours des CRJ obtient un écho beaucoup plus large auprès d'entrepreneurs, auprès de groupes politiques. Donc oui, Pohang nous a fait beaucoup de mal. » (Suisse_Industriel, chef de projet)

Le séisme de Pohang était perçu par les différents acteurs comme un « point de rupture ». En effet, si la controverse autour de la géothermie était circonscrite jusque-là par une opposition marginale – se limitant à une association d’opposition –, elle fait l’objet de débats au sein du parlement cantonal. Ce séisme intervient également dans un contexte où l’association Citoyens responsables du Jura avait intenté une procédure législative pour faire interdire la géothermie profonde dans le canton, à travers la mise en place d’une initiative populaire, c’est-à-dire une pétition demandant un référendum. Le séisme de Pohang va nourrir la controverse, où certains parlementaires jurassiens craignent d’avoir un risque analogue, du fait que le projet jurassien fait partie du même projet de recherche que la centrale de Pohang, DESTRESS⁹⁸. Il y a ainsi une interconnexion entre deux évènements. En juin 2018, un débat a eu lieu, où un député démocrate-chrétien va déposer une motion intitulée « Stop définitif au projet de géothermie profonde en Haute-Sorne »⁹⁹. Si l’initiative populaire est invalidée en juillet 2018 par la cour constitutionnelle du Jura – du fait qu’elle remet en question le droit fédéral, et notamment la Stratégie Énergétique 2050 et une logique de diversification énergétique –, le débat parlementaire devient le seul forum où est discuté, d’un point de vue législatif, l’avenir de la géothermie jurassienne. Entre août et décembre 2018, la presse fait écho de sentiments partagés parmi les groupes parlementaires, comme les Chrétiens-sociaux ou les Verts. Cependant, si la motion est adoptée, elle est purement symbolique, où les autorisations de projets sont du ressort du gouvernement jurassien. En février 2018, Géo-Energie Suisse publie une étude sur le séisme sud-coréen, et conclut que les causes du séisme seraient une pression trop forte lors des injections, excluant un scénario similaire en Suisse, du fait de normes de sécurités plus élevées. En 2019, le débat se déconfiner des sphères militantes et parlementaires, avec la publi-

98 La géothermie fait trembler le gouvernement jurassien. *Le Temps* [en ligne]. 5 décembre 2017. [Consulté le 25 novembre 2022]. Disponible à l’adresse: <https://www.letemps.ch/suisse/geothermie-trembler-gouvernement-jurassien>

99 Jura – Motion pour l’arrêt du projet de géothermie. Dans: *Tribune de Genève* [en ligne]. [s. d.]. [Consulté le 25 novembre 2022]. Disponible à l’adresse: <https://www.tdg.ch/motion-pour-l-arret-du-projet-de-geothermie-993751143233>

cation d'une lettre ouverte, signée par plusieurs entreprises qui craignent une répercussion de la géothermie sur leur activité économique. En parallèle, le gouvernement jurassien a commandé un rapport au service sismologique suisse (SED), afin d'évaluer si un risque analogue était possible dans le Jura, et si devaient être prises des mesures complémentaires pour sécuriser les opérations. L'enjeu est d'éclairer les autorités dans l'octroi d'une autorisation pour le projet. Dans un rapport¹⁰⁰ remis au gouvernement en octobre 2019, et rendu public en avril 2020, le service sismologique suisse revient sur les éléments alors connus sur l'origine du séisme – lors du forage, et notamment lors des injections – ainsi que des défaillances dans la gestion du risque, où les auteurs du rapport pointent une série de lacunes dans la surveillance sismique et la gestion des risques. Le rapport confirme la politique de gestion des risques du porteur de projet de la centrale de Haute-Sorne, et propose une série de préconisations afin de renforcer la gestion des risques, ainsi que d'approfondir la connaissance du réseau de failles.

L'exemple de Haute-Sorne nous permet de mieux comprendre les mécanismes d'appropriation des séismes au sein des sphères associatives, médiatiques et politiques. Si dans un premier temps, la controverse était confinée au sein d'une association souhaitant interdire le projet, cette controverse se trouve alors déconfinée, jusqu'à atteindre le parlement jurassien, qui s'empare de la question et reprend à son compte la volonté d'interdire le projet. Le gouvernement jurassien va alors demander à une autorité scientifique de trancher la controverse, en demandant si le scénario sud-coréen pouvait s'appliquer au cas jurassien. Cette translation d'arènes, passant d'une arène politique et médiatique à une arène technico-scientifique. Cependant, dans d'autres cas, la controverse s'insère directement au sein de l'arène technico-scientifique en parallèle de l'arène médiatique.

100 WIEMER, Stefan. *Évaluation du risque sismique du projet géothermique de Haute-Sorne, à la lumière du tremblement de terre de Pohang (Corée du Sud). Un rapport du Service Sismologique Suisse à l'ETH de Zurich pour le canton du Jura* [en ligne]. 18 octobre 2019. Disponible à l'adresse: https://www.jura.ch/Htdocs/Files/v/34080.PDF/Departements/DEN/ENV/Documents/geothermie/Rapport_SED_HauteSorne_2019_FR.PDF

1.2. Strasbourg : quand les séismes rentrent dans le débat public

Si la partie précédente illustre l'entrée de la question des séismes au sein des arènes techniques, ce cas nous montre comment la question des séismes est mobilisée au sein des arènes scientifiques et techniques, où cette question a été dans un premier temps auto-saisie par des universitaires strasbourgeois, puis a fait l'objet de rapports commandés par la préfecture.

Ces séismes s'inscrivent dans un contexte de débats intenses concernant l'implantation de la géothermie sur le territoire. Si, dans le chapitre 6, nous avons évoqué la chronologie et la médiatisation des séismes strasbourgeois en 2020-2021, nous avons vu que ces derniers ont fait l'objet d'un débat important au sein de l'espace médiatique, remettant en cause la géothermie accusée d'être responsable de ces incidents. Une conséquence de cette mise en débat est une mobilisation du personnel politique – des élus locaux de l'Eurométropole ou des maires –, ainsi que des associations de quartiers/riverains. Il y a eu une demande de mise en place d'une commission, la « mission d'information et d'évaluation ». Une des motivations, ressorties en entretiens, était une volonté de comprendre ce qui s'était passé. Si nous présentons le fonctionnement et le déroulement de cette commission au sein du chapitre 9, il peut être intéressant de regarder comment l'influence des séismes permet une prise de conscience du sous-sol.

De manière préliminaire, il est nécessaire d'apporter quelques éléments de contexte pour prendre en compte les enjeux et comprendre pourquoi les débats ont été aussi intenses. En effet, en amont de ces séismes, il y a eu une série de débats concernant l'implantation de la géothermie dans la région strasbourgeoise.

Ces débats ont été notamment étudiés par le laboratoire LISEC (Laboratoire interuniversitaire des sciences de l'éducation et de la communication, regroupant des chercheurs des universités alsaciennes et de Lorraine), qui ont retracé les débats et l'argu-

mentaire déployé lors des controverses, notamment durant la période de la mise en place des projets, entre 2015 et 2020.

Un premier élément permettant de comprendre l'origine de la controverse vient d'un rapport de force entre les différentes communes vis-à-vis de l'agglomération (Eurométropole de Strasbourg). Dans un article retraçant une analyse des bulletins municipaux (Bodin et al. 2018), on peut voir l'existence de deux dynamiques différentes, entre les communes d'Illkirch et d'Eckbolsheim. Illkirch a une attitude plutôt proactive vis-à-vis de la géothermie. En effet, le projet de géothermie s'inscrit dans une logique d'implémentation d'un plan climat initié en 2005, et d'un partenariat entre Électricité de Strasbourg et la municipalité, afin d'alimenter son réseau de chaleur. Si l'industriel est un prestataire de service, la ville s'occupe de la communication, en utilisant un registre de la promesse sociotechnique et de la vulgarisation scientifique. La communication ne reprend pas les éléments de controverses, ou d'opposition, et s'inscrit dans un récit d'une ville engagée dans un processus d'innovation et de transition énergétique, et où le projet de géothermie s'inscrit au sein d'un projet de territoire. Le projet d'Eckbolsheim, au contraire, fait l'objet d'une présentation par Fonroche à l'Eurométropole, et est perçu comme « hors sol », du fait qu'il s'inscrit au sein d'un registre de production d'une électricité décarbonée à l'échelle nationale, par une entreprise qui n'était pas implantée localement. Ici, l'agglomération aide l'industriel à choisir des sites d'implantations, et où ces projets sont alors ressentis comme « imposés » par un échelon supérieur par les communes, et où il est ressenti comme une injustice, avec des bénéficiaires qui servent la centralité (Strasbourg, pour qui est desservi le réseau de chaleur urbain), avec des risques assumés par les marges, c'est-à-dire les petites communes périphériques. Cette critique se mélange avec celle de la représentation politique au sein de l'agglomération de la part des élus de la commune d'Enckbolsheim. L'opposition s'inscrit aussi face à l'État, où la commune d'Eckbolsheim dit, du fait du Code minier, que les décisions sont du ressort de la préfecture, qui doit garantir une maîtrise des

risques. Dans ce contexte de controverse, la municipalité affiche les faibles marges de manœuvre qu'elle possède, cherchant à réduire sa responsabilité au sein de cette controverse et son absence de rôle dans le développement du projet. Le récit qui se met en place est celui de la mise en place d'une expertise indépendante pour défendre les intérêts de la municipalité face à l'opérateur. Au sein de cet article, nous pouvons ainsi voir un premier élément de la controverse. L'opposition aux projets de Fonroche s'inscrit dans un contexte de méfiance, du fait qu'il est un acteur extérieur au territoire, mais également le fait que ce projet ait été « imposé » localement, montrant des rapports de pouvoirs entre l'échelon municipal et intercommunal.

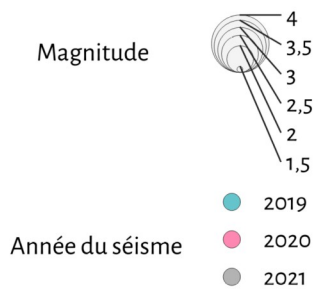
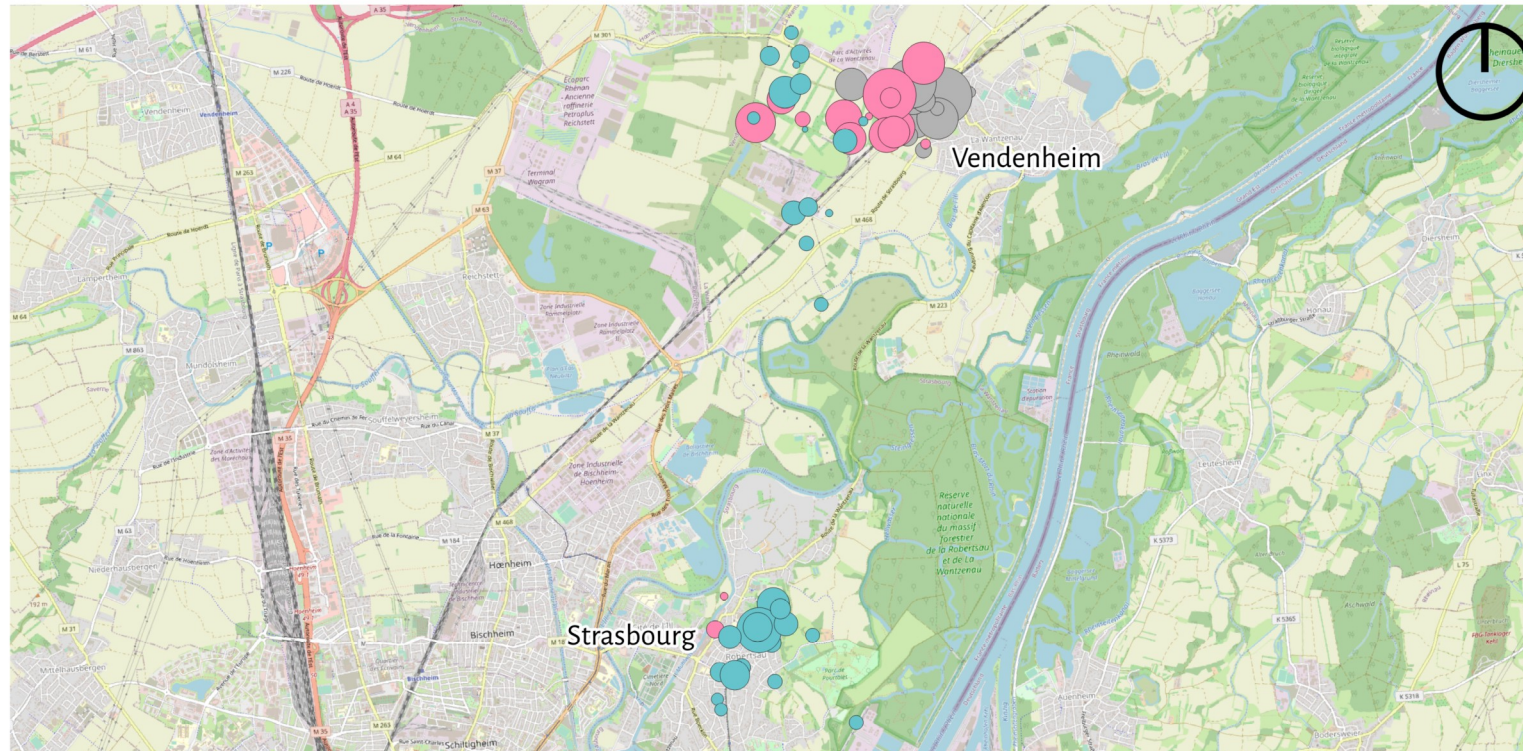
Au-delà du contexte politique dans lequel s'inscrivent les projets de géothermie, un autre article permet de retracer les controverses (Chavot et al. 2021). Avant 2014, les débats autour de la géothermie s'inscrivent au sein d'arènes techniques et industrielles. La frontière entre une « bonne » et une « mauvaise » géothermie s'inscrit sur les modalités de forages : ainsi, l'EGS est présenté comme réduisant le risque sismique, au contraire de la fracturation hydraulique qui est décriée. À partir de 2014, avec les demandes des projets miniers, notamment à Port-aux-Pétroles – un site SEVESO –, l'opposition s'inscrit au sein d'arènes politiques et associatives, où deux associations de riverains (ADIR et l'ASSER) bénéficient d'une expertise sur les risques industriels, hérités à une opposition à l'adoption d'un plan de prévention des risques technologiques au début des années 2010. L'argumentaire déployé par les associations est celui du risque sismique, pouvant entraîner une réaction en chaîne sur un site SEVESO. En 2015, à l'occasion de l'enquête publique, il ressort un certain nombre de préoccupations défavorables vis-à-vis du projet, avec une crainte importante de séismes induits, de remontées de gaz ou de pollution de la nappe phréatique, les citoyens reprenant notamment l'argumentaire de l'ADIR sur les risques. Un autre type d'argument est une critique de l'Eurométropole, qui est accusée d'un laisser-faire, et donc un manque de contrôle vis-à-vis des industriels, demandant une gouvernance plus horizontale et dé-

mocratique des projets. L'argument des risques est ainsi entendu par les commissaires enquêteurs, qui délivrent un avis négatif face aux risques environnementaux, notamment à Port-aux-Pétroles. La mise en place de comités de suivi de sites et de communications auprès du grand public est une réponse à la critique faite d'un manque de gouvernance. De ce fait, il y a eu, lors des enquêtes publiques, la mobilisation de riverains qui ont pu développer une expertise sur la question des risques – dont la question de la sismicité –, permettant de structurer un argumentaire contre les projets de géothermie de Fonroche.

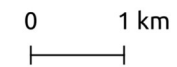
Ces différents éléments permettent de comprendre le contexte de l'implantation de la géothermie dans la région de Strasbourg : les projets de Fonroche ont fait l'objet, dès le départ, de critiques importantes. Une partie de ces critiques est d'ordre politique, où il y a eu un sentiment d'injustice ressentie localement ; des communes en marge devant assurer un potentiel risque sismique pour le bénéfice de la centralité, c'est-à-dire le réseau de chaleur de Strasbourg. Une autre critique est la crainte de nombreux risques environnementaux, engendrant des avis défavorables de la part des commissaires enquêteurs, déplaçant le projet de Ports-aux-Pétroles à Vendenheim. Au sein de ce contexte, la géothermie, notamment portée par Fonroche, a fait dès le début l'objet de méfiance.

Au sein de ce contexte où la géothermie fait l'objet de débats intenses, les séismes réactivent les controverses autour de ces projets. D'un point de vue spatial, les deux principaux foyers des séismes se trouvent à Vendenheim – lieu du site d'exploitation –, et au sein du quartier de la Robertsau, au nord de Strasbourg, lieu d'une série de séismes en 2019 (carte n°34).

Principaux séismes à Strasbourg (2019-2021)



Nous prenons uniquement en compte les séismes de magnitude supérieure à 1,5, correspondant au seuil défini par la préfecture pour enclencher une « vigilance renforcée ».



Sources : OpenStreetMap, api.franceseisme.fr
 Conception et réalisation : MISSAGHIEH-PONCET J., 2022

Figure 34: Carte des principaux séismes à Strasbourg 2019-2021

Les séismes de 2019, qui ont touché Strasbourg, ont permis une prise de conscience du sous-sol. Si dans un premier temps, cette prise de conscience s'est manifestée de manière sensible – un tremblement de terre ressenti –, elle s'est par la suite traduite par la publication d'un rapport de l'EOST (École-Observatoire des Sciences de la Terre, un laboratoire de géophysique de l'Université de Strasbourg), qui s'est auto-saisi en tant qu'organisme scientifique, afin de proposer une analyse préliminaire des événements :

« Donc avant qu'il y ait l'évènement de décembre 2020, qui lui fait des dégâts, par exemple. Et ces éléments-là, on les a diffusés, on a construit un objet de communication nouveau à l'EOST, qui était une sorte de note d'information, qu'on a mise sur notre site, en particulier début novembre, quand il y a plusieurs événements ressentis, où on mettait pour la première fois des informations scientifiques que je qualifierais de haut niveau, enfin, ce n'est pas une question de qualité, c'est une question de quantité, je pense, d'analyse assez pointue, sur la localisation des événements qui se passaient et leurs positionnements par rapport aux structures qu'on arrivait à imager, etc., c'est un niveau d'informations très supérieur, à ce qui était jusque-là, sur la place publique.

Et dans cette analyse-là, on identifiait, on diffusait les mécanismes précis des événements qui apparaissaient et on voyait aussi, on posait des questions sur la structuration des événements, en particulier leur alignement le long d'une structure singulière, qui était susceptible d'être instable. Et donc on donnait des informations qu'on pensait être importantes par rapport à l'interprétation de ce qui était en train de se passer. Et je pense qu'on était assez juste, parce que les faits nous ont plus ou moins donné raison. L'évènement qui est apparu en décembre était le long de cette structure-là, et une sorte de continuité de ce qu'on avait commencé à identifier. Et en gros, c'était un message d'alerte quoi, qu'on communiquait. Bon, après, on n'avait pas toutes les informations, donc on ne pouvait pas être catégoriques sur ce qui se passait, on n'avait en particulier pas les mesures de pression précises et pas ce que Fonroche était en train de faire sur le réservoir, ça, c'est des informations confidentielles qu'on n'avait pas. En tout cas, en termes très observationnels, on voyait apparaître quelque part un risque par l'alignement des événements, du fait qu'ils étaient très proches, sur une structure qui avait l'air d'être unique et qui posait question. » (Strasbourg_EOST2, directeur de recherche)

L'analyse proposée s'est fondée sur des éléments factuels, en proposant de commenter les données qui ont été captées par le réseau de capteurs sismiques à leur disposition. Il y avait une volonté, affichée, d'apporter un éclairage scientifique au sein d'un débat public. Ce processus de traduction – passant de données brutes à une explication compréhensible pour le grand public – s'inscrit dans une logique de déconfinement de dé-

bats techniques quant à l'origine des séismes, passant de l'arène techno-scientifique à une arène médiatique. Le travail proposé par l'EOST, à travers le croisement de différentes informations, cherche à poser l'hypothèse d'un séisme induit, en montrant un faisceau d'indices allant dans cette direction. De fait, il est difficile de démontrer qu'un séisme est induit. L'une des méthodes est alors de placer des capteurs sismiques avant la mise en place d'un projet industriel, afin de permettre une comparaison à un état antérieur : ainsi, il ne peut avoir qu'un faisceau d'indices pour démontrer une corrélation entre une activité et un séisme. Ainsi, le régime d'incertitudes est alors en jeu, du fait de données parcellaires, une partie des données émanant de l'industriel étant confidentielles et où par la suite le groupe d'experts – mandatés par la préfecture, incluant des experts d'EOST – aura accès afin de trancher la controverse sur l'origine anthropique ou naturelle du séisme.

Dans ce contexte de controverse, les notes d'information d'EOST crédibilisent le positionnement d'un séisme induit par l'industriel, et permettent de cristalliser une opposition contre l'industriel spécifiquement :

« C'est la longue expérience sur Soultz, où finalement ils ont eu une fois un séisme de magnitude 2.8, ce qui n'est pas énorme, et après ils n'ont plus rien eu, ils pensaient qu'ils maîtrisaient quoi. [...] ESG [Électricité de Strasbourg Géothermie], qui gère Rittersoffen, a été inauguré en 2016, je crois, donc ça fait cinq ans, il n'y a rien eu, il n'y a rien eu du tout. Voilà, quelque part, ESG pourraient prétendre à dire qu'ils maîtrisent. Mais, Fonroche, eux, après, il y a un comité d'experts scientifiques, je n'en suis pas et je ne sais pas tout, mais il semble que Fonroche soit un peu comporté brutalement disons dans leurs processus industriels, avec la sismicité qu'ils ont, pas du tout indépendante de ce qu'ils ont fait dans les puits, de super pressions, de supers débits. Nous on les avait mis en garde dans une communication qui était extrêmement dangereuse, parce qu'on leur avait dit "mais en multipliant les projets de géothermie, vous êtes sûrs qu'à un moment vous aurez une magnitude supérieure à 2". En leur disant "ce n'est pas grave d'avoir une magnitude 2.5 ou de 3, si les gens savent que ça peut arriver, il n'y a pas de victimes, avec 2.5 ou un 3, ce n'est pas grave. Mais si vous dites que ça ne peut pas arriver, ça va être grave par contre". Ah bah voilà, mais bon, ils ne nous ont pas écoutés » (Strasbourg_EOST1, directeur de recherche)

Au-delà de la question des séismes, les reproches se concentrent essentiellement sur l'attitude de l'industriel, auquel il est reproché une mauvaise communication concer-

nant des risques sismiques qu'il a minimisés. Un des arguments mobilisés, et qui sera par la suite confirmé par un rapport du comité d'experts mandatés par la DREAL en novembre 2019¹⁰¹ et traitant sur les séismes de 2019, est que les séismes font suite à une pression trop forte lors de l'injection qui aurait pu déstabiliser le réseau de failles, à travers un « *glissement de segments de failles* », rendu possible à travers la « *diffusion de fluide* ». Les experts relèvent également la possibilité d'un « *système de failles de grande taille (faille plurikilométrique)* » qui pourrait engendrer un séisme de magnitude supérieure à 4. Dans le rapport de la MIE, il est par la suite reproché à l'opérateur de ne pas suivre « *la procédure EGS de développement de projet généralement mis en œuvre à travers le monde* » (p. 18 du rapport). Il est ainsi reproché à l'industriel d'avoir minimisé les risques, en ne prenant pas en compte suffisamment le contexte géologique.

Un second rapport¹⁰², plus complet, publié en 2022, et rédigé par un comité d'experts de l'INERIS, du BRGM, de l'université de Montpellier, de l'université de Neuchâtel, de l'université de Lorraine et du CNRS-INSU, vient confirmer ces hypothèses. Ce document revient sur l'origine des séismes de 2019 et de 2020, et permet de clore la controverse, en concluant un lien entre les activités dans les puits et les séismes. Pour eux, les séismes sont d'origines anthropiques du fait d'absence d'activité sismique avant le démarrage des opérations d'injections (avant 2018). Ensuite, ils notent la présence d'une faille entre Strasbourg et Vendenheim, et où il y a pu avoir un « *transfert de contrainte, de fluides ou un glissement asismique [...] depuis Vendenheim jusqu'à [...] Strasbourg [...] est tout à fait possible sans sismicité* » (p. 5). Si les mécanismes sont mal connus, pour ce comité d'experts, il existe donc un lien entre l'injection à Vendenheim et les séismes à Strasbourg.

101 *Groupe de Travail de l'INSU « sismicité Strasbourg du 12 Nov 2019 » (Coordination : P. Bernard) Rapport de la phase 1 (18-20 Nov 2019)*. 20 novembre 2019.

102 TERRIER, Monique, DE SANTIS, Francesca, SOLIVA, Roger, VALLEY, Benoît, BRUEL, Dominique, GERAUD, Yves et SCHMITTBUHL, Jean. *Rapport Phase 1 du comité d'experts créé en appui à l'administration sur la boucle géothermique GEOVEN* [en ligne]. 26 avril 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.bas-rhin.gouv.fr/content/download/47764/305601/file/Rapport%20du%20Comit%C3%A9%20version%20oint%C3%A9grale.pdf>

Si le risque sismique est inhérent à l'activité géothermale, il était reproché à Fonroche de n'avoir pas su le réduire, tout en ayant un discours rassurant, au contraire d'autres projets qui ont eu un séisme (Rittershoffen), mais dont l'attitude rassure du fait que cela se limitait à un évènement ponctuel. Ainsi, le rapport de 2022 est particulièrement critique, reprochant à l'industriel d'avoir manqué de prudence dans la gestion des risques :

« Le manque de données solides pour la construction d'un modèle géologique a impliqué une mauvaise connaissance de la structure du réservoir et une mauvaise évaluation du risque de sismicité. Dans une telle situation, avec un modèle sous contraintes, plusieurs modèles alternatifs tenant compte du contexte régional auraient dû être élaborés et investigués, plutôt que de choisir de faire évoluer un seul modèle structural. Cela aurait permis de définir des scénarios plus conservateurs pour cadrer les développements et opérations effectuées en forages. De façon générale, les procédures opérationnelles de Fonroche Géothermie (FG) se sont toujours placées dans des scénarios favorables [...] Cela a conduit à sous-estimer les risques. En outre, la gestion des opérations, en particulier lors de la phase dite de "mise en sécurité" en novembre 2020, a été basée sur la valeur de surpression réservoir, or celle-ci n'est pas une valeur mesurée, mais interprétée, avec plusieurs paramètres d'entrées hypothétiques. De fait, les protocoles opérationnels de mise en sécurité des puits retenus par FG sont discutables. » (Rapport 2022, p. 6-7)

Le rapport est sévère envers l'industriel, en critiquant sa politique de gestion des risques. Si on le met en parallèle avec le discours rassurant de l'opérateur – qui minimisait l'absence de risques sismiques –, on peut voir une perte de confiance de la part des riverains :

« On ne peut pas être pour ou contre à partir du moment où on n'a pas tous les éléments scientifiques qui disent "c'est sans risque". Or, vous, expert ou société dit expert Fonroche et compagnie, vous dites qu'il n'y a pas de risques, mais vous n'apportez pas la preuve qu'il n'y a pas de risques, maintenant, quatre ans plus tard et ce qu'il s'est passé, on a la preuve qu'au contraire, il y a des risques, et ils sont assez importants. Voilà. Donc, le principe reste qu'on n'aura pas la preuve qu'il y a zéro risque, nous y serons contre. » (Strasbourg_Association4, représentant d'une association de riverains)

La cristallisation de l'opposition à la géothermie se manifeste à travers un manque de confiance en l'opérateur, et l'écart entre la promesse – l'absence de séisme – et son in-

capacité à la réaliser. Il est ainsi reproché à l'industriel de n'avoir pas prévu ce risque, c'est-à-dire d'identifier et anticiper la probabilité d'un danger¹⁰³.

« C'est intéressant, parce que 3.3 à Strasbourg c'est gros. En fait, huit jours après les gens avaient oublié ce deuxième séisme. C'est marrant. Quand on discute avec les gens, ils ne se rappellent pas qu'il y a eu un deuxième juste après au mois de janvier, ils ont complètement oublié. Les gens apprennent très vite. » (Strasbourg_EOST1, directeur de recherche)

Bien que le sous-sol soit générateur de séismes, cette anecdote est intéressante, et peut permettre d'illustrer une banalisation du risque, et où l'aspect inédit d'un événement – et l'incompréhension qui peut en découler – s'estompe. Cependant, nous devons nuancer ce *verbatim*, et où, d'après nos entretiens et la presse, la controverse est cristallisée par une certaine lassitude d'événements sériels.

Il y a de ce fait une prise de conscience du sous-sol, qui apparaît comme source de danger, du fait qu'il est source de séismes. Les débats concernant ces séismes sont alimentés par les arènes scientifiques, et se diffusent au sein d'arènes médiatiques et d'associations de riverains. Il y a par la suite une politisation de l'enjeu, où la responsabilité de l'entreprise est questionnée, qui s'est montrée trop sûre d'elle dans sa capacité d'éviter un danger, et qui n'a pas fait un travail de communication, en évoquant la possibilité d'un potentiel danger. De ce fait, un phénomène physique – le séisme – est devenu un phénomène social, à travers la perte de confiance envers l'industriel, et sa capacité à répondre à la promesse de ne pas générer de séismes.

103 Une définition du risque peut être : « *Le risque désigne un danger bien identifié, associé à l'occurrence d'un événement ou d'une série d'événements, parfaitement descriptibles, dont on ne sait pas s'ils se produiront mais dont on sait qu'ils sont susceptibles de se produire. [...]Qu'elles soient subjectives ou objectives, ces probabilités ont en commun de s'appliquer à des événements connus, identifiés, dont une caractérisation précise peut être donnée, et dont on peut expliciter les conditions de production.* » (Callon, Lascoumes, Barthe 2001, p. 39)



Ces deux exemples illustrent la prise de conscience du sous-sol sous le prisme de la sismicité. Le sous-sol n'est plus perçu comme un milieu inerte, mais comme ayant des dynamiques propres et ayant des conséquences à la surface. Les événements sismiques questionnent la place de la géothermie et sont à l'origine de controverses dans le champ politique et médiatique. En Suisse, un séisme dans la ville sud-coréenne de Pohang remet en cause le développement de la géothermie profonde en Haute-Sorne, à travers un déconfinement de l'opposant, passant du cercle limité d'une association à celui du parlement local, reprenant la volonté d'interdire cette technologie au sein du canton, craignant un risque analogue sur le territoire helvétique. Dans le cas alsacien, les séismes font l'objet d'une médiatisation, et où les séismes sont perçus comme un risque tangible pour le territoire. Il est alors mis en regard avec le discours porté par l'industriel, qui promettait une absence de séismes, et qui est ainsi remis en cause. Dans les deux cas, des sismologues ont cherché à trancher la controverse : en Suisse, ils ont été saisis par les autorités, tandis qu'en France, ils se sont auto-saisis. Dans le cas suisse, il était demandé si un risque analogue pouvait se produire, et comment éviter le risque – et il se révéla que les mesures de sécurité sont déjà extrêmement fortes. Dans le cas alsacien, il était cherché l'origine du séisme, afin d'incriminer ou non la responsabilité de l'industriel, et de comprendre s'il y avait des mesures de sécurité défaillantes. Ces deux exemples, le premier en prévention d'un potentiel séisme, l'autre en réaction d'un séisme survenu, montrent comment un événement géophysique – le séisme – est saisi par le champ politique et médiatique, et où la sécurité des territoires est questionnée.

2. Du côté des populations : une prise de conscience par les populations du sous-sol

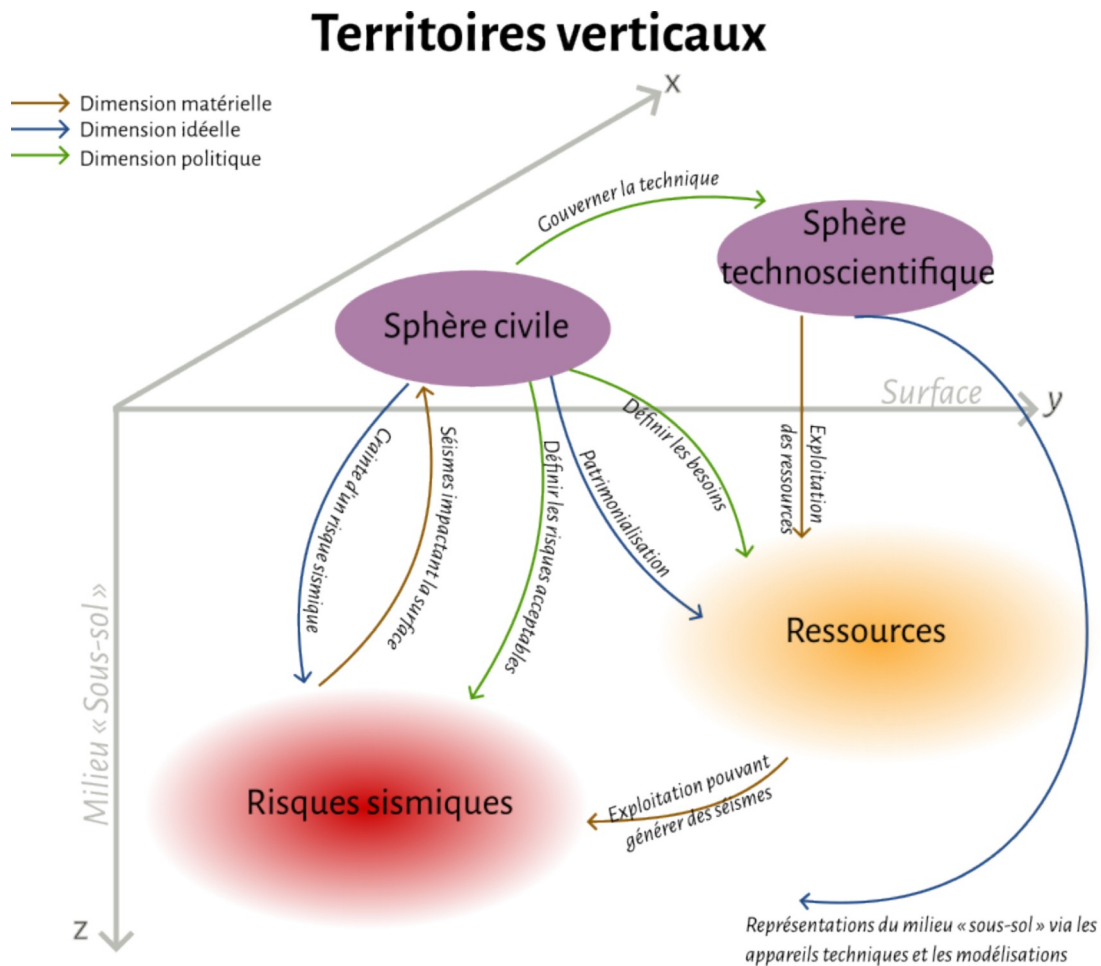
Si les séismes sont à l'origine de débats, ils initient également une prise de conscience de l'existence du sous-sol par les populations, qui présentent ainsi une extension de leur territoire au sein d'une nouvelle dimension verticale. Néanmoins, cette prise de conscience peut parfois dépasser les séismes, en intégrant des dimensions idéelles et identitaires du sous-sol, permettant ainsi une appropriation par les habitants de ce dernier.

2.1. Comment la prise de conscience du sous-sol construit-elle les territoires verticaux ?

Ces différents séismes engendrent une prise de conscience de l'existence du sous-sol comme une extension du territoire. En effet, comme nous l'avons vu, les séismes mettent en débat et politisent la question du sous-sol, où les citoyens et élus questionnent ces enjeux sur la place publique, à travers des référendums, des motions, ou mise en place d'une commission. Il y a ainsi un enjeu de déconfinement de la technique vers des arènes politiques, où le personnel politique mobilise des rapports d'expertises. Derrière ces phénomènes se cachent des enjeux de diffusion de la connaissance, alors perçue comme un levier de pouvoir, de contrôle du sous-sol : en comprenant mieux le sous-sol, on chercherait à réduire les séismes et à les contrôler, afin de réduire les impacts du sous-sol sur la surface. Il y a ainsi une verticalisation du territoire.

Le schéma suivant (figure n°35), présenté au sein du chapitre 2, nous explique les processus de cette territorialisation. Dans le cas alsacien, la sphère industrielle a cherché à exploiter une ressource, mais a conduit à des séismes. Ceux-ci ont alors été à l'origine d'une crainte du risque sismique au sein des arènes politiques et médiatiques – et dont nous exposons les processus dans la partie précédente. Une réponse face à ces craintes

est alors de considérer le sous-sol comme une extension du territoire, où il est nécessaire de contrôler ce qui se passe pour réduire les risques à un niveau jugé acceptable. Pour ce faire, dans le cas de l'Alsace, il est recherché explicitement une compréhension du sous-sol et de ses risques, afin d'en tirer des orientations politiques.



Missaghieh--Poncet], 2022

Figure 35: La verticalisation des territoires

Ainsi, une des motivations de la mission d'information et d'évaluation était de mieux comprendre la technique derrière la géothermie, cherchant à comprendre l'origine des séismes ressentis :

« Après, on a bien entendu les associations, leurs difficultés, on a quelques propositions, vous verrez, la MIE fait quelques propositions sur la capacité, la capacitation des associations locales et des citoyens à comprendre ce qui se passe, à développer une forme de contre-expertise quand même, ce n'est pas simple de ren-

trer dans la géologie, dans de la sismographie, dans la cartographie 3D du sous-sol, allez-y. Quand vous êtes simple citoyen, juste préoccupé par votre environnement immédiat, ce qui est votre droit le plus strict, quand même, les gens sont légitimes à se préoccuper de l'évolution de leur environnement immédiat. Et donc là, effectivement, la MIE dit "bon, là, il faut que maintenant, dorénavant, on traite mieux les citoyens, leurs associations et qu'on leur donne même les moyens de contre-expertise, de développer une contre-expertise argumentée, documentée, etc.". » (Strasbourg_EMS, élu au sein de l'Eurométropole de Strasbourg)

Cet entretien met en évidence un fait important qui ressort de la MIE – s'étalant de janvier à juin 2021 –, et notamment de la part des élus et des associations : le besoin de comprendre les processus qui ont engendré les séismes. Cet exemple s'inscrit au sein d'un forum hybride, où le « profane » cherche à intégrer le savoir expert, afin de trouver une solution de mitigation du risque (Callon, Lascoumes, Barthe 2001). Ainsi, une des questions qui s'est posée lors de cette controverse, au sein de la MIE, est de savoir si le risque sismique est acceptable au nom d'un projet de territoire, c'est-à-dire le plan local de transition énergétique. De ce fait, il y a une volonté de gouverner la technique, à travers la compréhension de ces mécanismes :

« Après, on a des propositions d'évolution du droit minier, d'évolution du droit de l'environnement, par exemple sur les enquêtes publiques. Les enquêtes publiques, se sont déroulées sur la géothermie profonde, strictement à l'endroit sur les communes et les communes voisines des communes qui étaient concernées par les forages, et on voit bien que dans un projet comme ça, une enquête publique doit s'étendre à toutes les populations qui sont exposées au risque et on voit bien que la commune de la Wantzenau par exemple, qui est une commune voisine, la commune de Wantzenau a eu le plus de dégâts, parce qu'elle était juste au-dessus de l'épicentre des séismes alors qu'elle n'a jamais eus, à aucun moment, ni ses citoyens, à se prononcer ou même connaissance du projet de géothermie, considéré que c'était à Vendenheim-Reichsteitt [...]. Voilà, c'est évidemment une évolution fondamentale. C'est dire que les enquêtes publiques concernent et s'adressent aux personnes concernées par le risque et pas par le lieu où va s'implanter l'activité industrielle dangereuse. » (Strasbourg_EMS, élu au sein de l'Eurométropole de Strasbourg)

Cette prise de conscience du sous-sol s'est également manifestée au sein d'enquêtes publiques et mobilisations des associations. La géographie du sous-sol n'étant pas celle de la surface, les séismes ont révélé des dynamiques propres au sous-sol, et les répercussions qu'ils ont à la surface, pouvant être à plusieurs kilomètres de la centrale, du

fait de l'infrastructure (la forme des puits) ou du contexte géologique (des réseaux de failles). De ce fait, les séismes ont fait émerger la nécessité de « sécuriser » la surface par les habitants, qui ont cherché à comprendre ces phénomènes. Cette prise de conscience des risques permet de révéler la dimension matérielle du territoire vertical, où le sous-sol n'est plus un milieu inerte, mais ayant des dynamiques propres et ayant des conséquences à la surface.

2.2. Une préoccupation territorialisée du sous-sol

Si les séismes ont permis de révéler une dimension matérielle du territoire vertical, il existe d'autres dimensions, notamment idéelle, à travers la défense d'éléments jugés comme un patrimoine commun. Cela se manifeste notamment en Alsace à travers la question d'une nappe phréatique non salée, mobilisée contre les projets de géothermie :

« En Alsace, il y a la plus grande nappe phréatique européenne. Donc les forages traversent la nappe phréatique. Donc on nous assure qu'il y a de multiples barrières. Mais l'eau qu'on remonte c'est de la saumure. Il y a 100 grammes de sel par litre d'eau. Si jamais il y a une fuite de cette saumure dans la nappe phréatique, c'est une catastrophe mondiale. Parce que si cette saumure se répand dans la nappe phréatique et que la nappe phréatique devient inutilisable, c'est une catastrophe énorme. C'est la plus grande réserve d'eau non salée en Europe. Donc ça, c'est un gros problème. » (Strasbourg_Association³, représentant d'une association de riverains)

« Mais il y avait aussi une crainte majeure, c'était la fuite d'eau géothermale dans la nappe phréatique. Parce qu'ici, les gens sont extrêmement fiers de leur nappe phréatique qui est la plus grande nappe d'Europe [rire]. Et voir ces gens qui allaient percer dans leur nappe phréatique pour aller chercher de l'eau qui n'est pas très propre, qui est très très salée, qui est un peu radioactive [...] ils étaient hyper anxieux. [...] Ils oublient que dans le Fossé rhénan, il y a des centaines si ce n'est des milliers de forages qui ont traversé leur nappe phréatique pour extraire du pétrole, et avec quelques fois des qualités de forages qui sont bien moindres que fait la géothermie, mais ça leur faisait peur. » (Strasbourg_EOST¹, directeur de recherche)

La crainte mobilisée par les acteurs est un risque de fuite des puits, qui viendrait contaminer la nappe phréatique, rendant ainsi l'eau impropre à la consommation. Si de manière sous-jacente, la question de la pollution de l'eau, qu'elle soit de surface ou

de sous-sol, est présente sur de nombreux terrains, il peut être intéressant de voir qu'elle est particulièrement mobilisée dans le cas alsacien, où cette nappe phréatique revêt tant un caractère pratique – c'est-à-dire une ressource permettant l'approvisionnement en eau – mais aussi d'un caractère symbolique, en cherchant à protéger un élément naturel perçu comme un commun. Si la question de la menace de la nappe phréatique est à relativiser – au regard d'autres installations du sous-sol –, elle témoigne cependant un intérêt pour le sous-sol dépassant simplement la dimension « risque », mais s'inscrivant dans une dimension idéale où il y a la représentation du sous-sol, et passe par la défense d'éléments jugés comme un patrimoine commun.

Cette question de la protection de l'eau se retrouve également au sein d'autres territoires, à l'instar du projet de Haute-Sorne :

« Il y avait un problème assez important dans cette région sur les eaux. À savoir qu'il fallait faire attention à ne pas polluer les eaux, mais en même temps il y avait un problème dans le sous-sol, parce que c'était implanté à Glovelier qui était un endroit où il y a eu des entreprises un peu polluantes et donc peut-être que vous avez vu ça [...] il y avait une espèce de goutte d'hydrocarbures dans le sous-sol, et qui est lié à des activités passées, et l'idée c'était de faire un forage en essayant d'éviter de passer dans cette goutte et puis de faire en sorte qu'il n'y ait pas de descente [...] Et d'autre part, il y avait un problème d'eau, finalement, parce qu'il ne fallait pas toucher les nappes phréatiques, mais il fallait aussi pomper de l'eau dans le ruisseau qui était à côté. » (Suisse_ONGE2, porte-parole d'une association environnementaliste)

« Mais par rapport à la technique de forage, on est quand même obligé de mettre des produits, et puis de veiller qu'il n'y ait pas d'atteintes à la nappe phréatique ou bien à l'eau qui est consommable. D'ailleurs c'était une grande crainte aussi, et c'est toujours une grande crainte des citoyens sur place, qu'en tant qu'ONG qu'on peut tout à fait comprendre, qu'il y ait ces risques de pollution des eaux. » (Suisse_ONGE3, porte-parole d'une association environnementaliste)

La question de la contamination des eaux souterraines concerne également le terrain suisse, où il y avait une crainte de pollution, rendue potentiellement possible par les forages. Si, de manière analogue au cas alsacien, il y avait une crainte de pollution de l'eau potable, la pollution ne concerne pas celle d'une saumure en dessous de la nappe, mais d'une nappe d'hydrocarbures au-dessus de celle-ci. De ce fait, chaque territoire

possède une spécificité locale du sous-sol. Le sous-sol n'est pas ainsi perçu comme un bloc monolithique, mais comme un enchevêtrement de strates interconnectées à travers les réseaux de failles et de puits (Clark 2017; Labussière 2021).



La question des séismes a permis une prise de conscience et une mise à l'agenda de la question du sous-sol au sein d'arènes politiques et médiatiques. Cette première approche a permis une identification du sous-sol comme prolongement du territoire de la surface. Pour les habitants de la surface, il y a ainsi une volonté de se protéger des événements du sous-sol, à travers le contrôle des risques sismiques. Néanmoins, la question sismique, et à travers elle, la dimension matérielle du territoire vertical, n'est pas la seule à être prise en compte. Des éléments du sous-sol, à l'instar des nappes phréatiques, peuvent également attirer l'attention des habitants, qui peuvent revêtir un intérêt patrimonial et idéal. Ces personnes vont alors chercher à les défendre, face à une menace – ici la mise en place de puits. De ce fait, la prise de conscience de la verticalité des territoires permet de construire une représentation des territoires intégrant non seulement le sous-sol, mais que ce dernier est lui-même constitué d'un enchevêtrement de strates interconnectées. De ce fait, la question des risques ne concerne pas seulement une relation sous-sol-surface, mais également des risques à l'intérieur du sous-sol.

3. Du côté des institutions : comment la controverse alsacienne est révélatrice d'une désorganisation involontaire de l'État ?

Si les séismes ont permis une prise de conscience de l'importance du sous-sol au sein d'arènes médiatiques et politiques, ils ont également révélé les limites des systèmes existants autour de la gouvernance du sous-sol, en mettant en difficulté les pouvoirs publics. Si nous allons revenir plus en détail dans le prochain chapitre (chapitre 9) sur

les raisons de cette confusion – qui tire son origine à travers une réorganisation de l'État à travers la décentralisation et son désengagement non achevé, ainsi que l'importance relative accordée aux renouvelables et au sous-sol –, il peut être intéressant de revenir ici sur les conséquences du traitement des séismes, à travers l'exemple de Strasbourg. De ce fait, nous nous intéresserons à l'échelle micro lors de cette partie en étudiant concrètement les différents points de ces controverses, et nous reviendrons au sein du prochain chapitre à une échelle plus macro, en exposant les éléments contextuels et les changements profonds expliquant ces limites.

Les controverses qui ont fait suite aux séismes ont eu différentes conséquences. Une première conséquence vient de la remise en question d'un rapport de tierce expertise du BRGM et de l'INERIS. En effet, ce dernier s'inscrit au sein des sciences réglementaires, c'est-à-dire apporte une expertise, pour le compte de l'État, afin de l'aider à la prise de décision. Ce rapport fait néanmoins l'objet de controverse, car étant jugé par certains acteurs comme étant trop timide pour trancher de la nature induite ou naturelle du séisme, et réfuter le positionnement de l'industriel. Cependant, ce rapport préconise des expérimentations supplémentaires, afin de pouvoir trancher cette controverse. Cette controverse permet ainsi de questionner la capacité de l'État à comprendre le sous-sol, à travers une remise en question – en partie – à pouvoir apporter des réponses lors de controverses.

En parallèle, une seconde conséquence est le fait qu'il a été reproché à la DREAL d'avoir été défaillante sur le suivi des forages et des injections. En effet, cet acteur a pour mission – entre autres – de contrôler les forages, et d'arrêter les opérations lorsque ceux-ci présenteraient un éventuel risque sismique. Cette défaillance est expliquée – d'après les données du terrain – comme une défaillance de communication entre les acteurs, remettant en cause la capacité de l'État de surveiller l'usage fait du sous-sol. Un élément explicatif, que nous verrons au sein du chapitre 9 est la restructuration incomplète de l'appareil de l'État autour des questions du sous-sol.

Au-delà de comprendre et de surveiller le sous-sol, la dernière conséquence des séismes questionne la capacité de l'État à contrôler le sous-sol. En effet, lors des séismes, la préfecture a joué son rôle de police des mines, en faisant arrêter définitivement la centrale de Vendenheim, ainsi qu'en suspendant les activités des autres centrales. Néanmoins, cette décision a été contestée devant le juge administratif. De manière plus générale, une autre critique a émergé autour de la décision de la préfecture de nommer le BRGM comme tiers expert, impliquant le risque pour l'État de voir engager sa responsabilité en imposant des tests complémentaires. Ainsi, cette critique questionne la capacité de l'État à s'organiser, afin de pouvoir contrôler les actions menées dans le sous-sol, tout en ayant des garde-fous protégeant sa responsabilité.

3.1. Comprendre le sous-sol – un rapport de tierce expertise remis en question

Suite au séisme du 19 novembre 2019, la DREAL avait mandaté le BRGM et l'INERIS, afin qu'ils réalisent une tierce expertise d'une note technique faite par l'industriel, Fonroche, qui démontrait l'origine naturelle du séisme. À noter que ce rapport est immédiat aux premiers séismes de 2019, et est donc antérieur aux deux rapports présentés précédemment. Ce type de travail s'inscrit dans un registre particulier de la production scientifique, celui de la tierce expertise, consistant à « relire » d'autres expertises, afin d'évaluer la scientificité et la pertinence des propos, et en proposer une lecture critique (Chateauraynaud 2008). Ce travail du BRGM et de l'INERIS s'inscrit au sein des sciences réglementaires (*regulatory science*), qui se distinguent des sciences académiques, à travers l'évaluation des risques, qui sont le fruit d'agences publiques partiellement autonomes (Joly 2012).

Ce rapport d'expertise du BRGM et de l'INERIS de février 2020 analyse la note technique de Fonroche, qui propose une explication de l'évènement sismique du 12 novembre 2019. Ce rapport se fonde notamment sur les informations transmises par l'in-

dustriel. Ce rapport explique la difficulté à déduire l'origine naturelle ou anthropique du séisme – car cherchant une corrélation entre un évènement sismique et la proximité de l'activité industrielle. Le rapport explique que la difficulté donne lieu à de nombreuses controverses dans de nombreux pays, dès qu'une activité industrielle d'exploitation du sous-sol génère un séisme.

Il a été demandé aux experts d'évaluer la qualité de l'argumentaire de l'industriel sur l'absence de lien entre son activité et le séisme, la pertinence de son modèle géologique explicatif, ainsi que sur la procédure de reprise d'activité post-séisme. Ce rapport identifie deux essais, c'est-à-dire deux zones ayant eu des séismes, qui se dégagent et à l'origine des évènements sismiques : l'un à Vendenheim (où se trouve l'exploitation), et l'autre à Strasbourg. Pour ce rapport, il existe un faisceau d'indices qui expliqueraient l'origine induite : corrélation temporelle entre les séismes et les tests hydrauliques, sismicité à une profondeur cohérente autour du puits, les séismes se localisent le long de la faille ciblée par les puits. Cependant, d'autres éléments rejettent cette hypothèse : une distance de trois kilomètres entre deux essais, l'absence d'évènements sismiques entre les deux essais, et l'absence de migrations spatio-temporelles d'un essaim vers l'autre. Autrement dit, les experts du BRGM-INERIS ont du mal à voir une translation de l'activité sismique entre le lieu d'exploitation et Strasbourg. Si pour eux, ces éléments ne disqualifient pas la possibilité d'un séisme induit – en évoquant d'autres cas similaires –, il est demandé d'avoir des analyses supplémentaires, notamment à l'échelle microcosmique, afin de mieux comprendre les mécanismes.

Un autre élément du rapport traite de la connexion hydraulique entre les puits et le système de failles. Pour ce rapport, il est difficile d'évaluer l'absence de connexion entre les puits – ce qu'affirme l'industriel –, du fait d'une imprécision du réseau faillé, des différences de résultats indiquant des interprétations différentes selon les experts. Un autre élément qui fait douter les experts, c'est que lorsqu'il y a eu les stimulations du second puits entre mai et novembre 2019, ils observent une augmentation de la

pression, et qu'elle ne diminue pas, qui est une situation non cohérente avec l'hypothèse d'un réservoir peu perméable. Le rapport est également critique sur les modèles géologiques et hydrogéologiques de l'industriel, ainsi que sur son protocole de montée en charge du doublet (c'est-à-dire d'injection de fluide). Pour les experts, ce rapport présente des incertitudes et n'est pas suffisamment complet, en se fondant sur des hypothèses qui ne semblent pas avérées, c'est-à-dire à travers un scénario où il y a une bonne connexion hydraulique. De ce fait, le rapport conclut qu'il est difficile pour eux de trancher la controverse :

« L'ensemble de ces éléments ne permet pas de conclure sur l'existence ou l'inexistence d'un lien de causalité entre l'essai de Strasbourg et les opérations sur le site de Vendenheim. Des analyses ultérieures seront nécessaires pour éclaircir cet aspect. » (Rapport BRGM-ENERIS, p. 44, février 2020)

Sur la base de ces informations – et les nombreuses incertitudes du fait du manque de données – les experts demandent ainsi à l'industriel de réviser son modèle géologique, qui ne permet pas de voir les connexions hydrogéologiques entre les deux puits, ainsi que la diffusion de fluide. En pointant les incertitudes sur les connaissances hydrogéologiques, et en pointant des incohérences, les experts proposent une critique importante du modèle géologique et hydrogéologique de l'industriel, qu'ils ne jugent pas suffisamment robuste. Ils proposent ainsi de retraiter les données existantes, et l'acquisition de nouvelles données. Pour ces experts, la reprise d'activité n'est possible qu'à ces conditions. De même, ils pointent l'ambiguïté portée par l'industriel sur la définition et le calcul de la pression maximale au sein du puits. En effet, la pression a été fixée à 100 bar au sein d'un arrêté préfectoral, et l'ambiguïté entretenue par l'industriel concerné sur la mesure de cette dernière – à la tête du puits ou en son sein.

Ce rapport est, dans ses conclusions, critique sur les nombreuses incohérences et manquement des modèles mobilisés par l'industriel. Il y a de plus des incertitudes, qu'ils préconisent de lever, afin de mieux comprendre les mécanismes et trancher la controverse sur la question de l'origine de la sismicité.

Lors de sa publication, ce rapport a fait l'objet d'une controverse dans l'espace médiatique, critiquant le fait qu'il ne tranche pas la controverse. Dans un article du Parisien, un représentant d'une association riveraine déclare :

« C'est une vaste supercherie. La préfecture a diligenté une tierce expertise menée par des établissements publics. Où sont les sismologues qui ont conclu à une responsabilité humaine pour ces phénomènes ? » (président d'une association de riverains, Le Parisien, 05/10/2020)

Ces propos tranchés s'inscrivent au sein d'une controverse assez forte, où l'industriel parle d'un séisme naturel, tandis que des sismologues de l'EOST parlent de séismes anthropiques. Les éléments retenus médiatiquement – un non-positionnement de la part du rapport – sont perçus comme une absence de réponse claire au sein de l'arène médiatique. On peut expliquer la posture des experts comme une forme de prudence scientifique, cherchant à avoir suffisamment d'éléments tangibles pour valider l'hypothèse, tandis qu'il est attendu d'une posture politique et médiatique d'avoir une réponse claire et sans équivoque sur la nature du séisme. Néanmoins l'analyse des événements est faite au sein d'un cadrage précis – c'est-à-dire un choix de ce qui est pris en considération ou non (Joly 2012) –, ici, le choix d'un modèle géologique et hydrogéologique, qui pourrait occulter certains éléments qui auraient permis de trancher ou non la controverse sur l'origine des séismes :

« Peut-être que vous avez suivi les débats [...] je pense que vous avez perçu, en tout cas c'est l'impression que j'ai, dans les médias, c'est que, cette expertise, a été une non-réponse, c'est comme ça que c'est souvent passé dans les médias, cette expertise a eu plusieurs points de conclusions, mais il y en a qu'un qui est vraiment ressorti, c'est qu'en fait on ne pouvait pas savoir, et qu'on ne pouvait pas conclure et qu'en gros on ne pouvait pas anticiper. Ce qui est un peu dommage [...] c'est que c'est qu'un des éléments de conclusion, et les deux autres éléments de conclusions sont à mon avis beaucoup plus importants. Et ils donnent des perspectives. Les deux autres éléments, c'est surtout que le modèle géologique et que le modèle hydrogéologique, c'est-à-dire la structure des failles, la structure des réservoirs et la façon dont les fluides s'écoulent dans ce réservoir sont ont été fondamentalement mal connus ou pas assez connus, pour bien maîtriser le développement du réservoir. Et en ce sens, ça a été une critique très sévère du projet de Fonroche. Évidemment, Fonroche n'en a pas fait... n'a pas mis ça en avant particulièrement donc... ce n'est pas beaucoup ressorti... » (TFR_DGEC2, chef de projet au ministère de la Transition écologique)

Si le traitement médiatique s'inscrit notamment autour de la non-réponse sur l'origine sismique, ce sismologue dit que les conclusions sur les limites des modèles développés par l'industriel ne sont pas ressorties. De ce fait, une conclusion du rapport est que l'industriel n'a pas suffisamment réduit l'incertitude avant de faire ses travaux de stimulation, et donc d'anticiper et maîtriser les conséquences de ces travaux. Ainsi, si l'origine du séisme n'a pas été déterminée et n'a pas permis de trancher la controverse, la responsabilité de l'industriel est néanmoins mise en avant, à travers les manquements de ce dernier, et les experts demandent à l'industriel d'améliorer son modèle géologique et hydrogéologique.

Le rapport du BRGM-INERIS, et notamment une partie de ses conclusions, a fait l'objet de controverses, du fait que les conclusions soient perçues comme une non-réponse, d'autres critiques ont émergé, dont un manque de surveillance de la DREAL vis-à-vis de l'industriel.

3.2. Surveiller le sous-sol – un manque de surveillance de la part de la DREAL ?

Si l'industriel a été critiqué, notamment du fait d'un choix de modèle géologique et hydrogéologique jugé comme insuffisamment précis, une autre critique portait sur un manquement de surveillance de la part de la DREAL (Direction régionale de l'environnement, l'aménagement et du logement). Cette instance est un des services déconcentrés des ministères de la Transition écologique et de la cohésion des territoires (anciennement Aménagement du territoire), et sous l'égide des préfetures – qui donne, modifie ou retire les autorisations. Une de leurs missions est de jouer le rôle d'autorité environnementale, ainsi que d'instruire et de contrôler les installations classées – les centrales géothermiques étant des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Cette dernière est accusée de n'avoir pas suffisamment suivi le forage, et les

tests proposés par le BRGM-INERIS, et que ce défaut de surveillance aurait été à l'origine des séismes :

« Nous on avait le suivi sismologique, mais disons, la DREAL aurait dû savoir au jour le jour ce qu'il se passait sur le site. C'est ça la question. En dehors de la sismicité, que faisait Fonroche, est-ce qu'ils foraient, est-ce qu'ils injectaient, est-ce, voilà, ce qu'ils ont fait Fonroche entre 2019 et le gros séisme de 2020. Est-ce que la DREAL a suivi ça avec le sérieux nécessaire ? Ça, c'est une question. » (Strasbourg_EOST1, directeur de recherche)

« Le C qui est contrôle, un des 5 C c'est le mot contrôle, évidemment contrôle, parce que là, excusez-moi, c'est la DREAL, l'État qui nous promettait avant le projet, avec le forage, qui disait "moi je contrôle, moi je reçois pendant le forage, je reçois tous les matins à 8 heures les résultats du forage de la veille et je les analyse et si je vois le moindre défaut j'arrête le truc", quand même voilà, le contrôle de la part de l'État, franchement à Vendenheim, il a quand même un peu battu de l'aile. Ça on ne peut pas trop le dire, mais chacun le comprend. » (Strasbourg_EMS, élu de l'Eurométropole de Strasbourg)

En effet, dans l'arrêté préfectoral du 24 mars 2016, autorisant les forages à Vendenheim, la préfecture demande à l'industriel de mettre en place un réseau sismique. Les informations sont remontées au RÉNASS, et il doit informer la DREAL lorsqu'il est atteint un seuil d'alerte de magnitude 2, et où il doit être stoppé tous travaux. Il est également prévu un seuil de magnitude 1,5 qui définit un état de « vigilance renforcée ». Il est également aussi demandé d'informer la préfecture à l'avance sur les travaux de forages et de construction des puits. Ces diverses opérations de contrôles cherchent à anticiper et éviter autant que possible les séismes. Normalement, ce qui était prévu par le protocole, était un arrêt des travaux dès qu'il était mesuré des séismes de magnitude supérieure à 2. Or, il y a eu des séismes de magnitude 3, montrant les défaillances du système de surveillance.

Dans une note technique de septembre 2020, cherchant à faire un point sur la situation depuis le rapport de tierce expertise, les experts du BRGM et de l'INERIS suggèrent que l'incident était évitable, et est notamment dû à une désorganisation entre les différents acteurs :

« La situation rencontrée à Vendenheim à la suite de l'évènement de magnitude 3.1 a révélé un déficit de préparation et de coordination des parties prenantes (opérateur, RéNaSS et DREAL) pour une situation qui n'était pas vraiment imprévisible. Il est suggéré aux parties prenantes d'engager une réflexion autour des modalités de gestion des données partagées (sismiques, géodésiques et d'exploitation) ainsi que sur la démarche de classification des séismes d'origine indéterminée/naturelle/induite ou déclenchée. Les experts soulignent ici l'importance de garantir une capacité continue, au fil du temps, d'analyse scientifique croisée des données de surveillance sismique avec les chroniques d'exploitation [...] et avec la connaissance du milieu géologique. » (Note technique de l'INERIS-BRGM septembre 2020)

Pour ces acteurs, la critique du manque de suivi de la DREAL peut être comprise à travers un manque de partage et d'analyse des informations, mais aussi sur la difficulté à classer les types de séismes – dont nous avons vu la difficulté technique pour les qualifier. Nous le verrons plus en détail au sein du chapitre 9, mais un des éléments explicatifs pourrait être une perte de compétences sous-sol au sein de l'administration, rendant plus difficile le suivi, et où ce problème de suivi serait notamment dû à des problèmes structurels, notamment de communication entre les acteurs et de déficit de compétences en interne.

Si le rapport BRGM-INERIS concluait à des manquements dans les modèles géologiques et hydrogéologiques, jugés trop imprécis, une autre cause du déclenchement des séismes peut être également regardée du côté de l'organisation de la surveillance des séismes, où des critiques ont été émises sur des défaillances – tant sur la communication entre les acteurs qu'une difficulté de suivi technique. Cependant, une autre critique émise concerne le choix des experts pour la tierce expertise.

3.3. Contrôler le sous-sol – Agir ou ne rien faire : quel rôle des pouvoirs publics en cas de séisme ?

Suite aux séismes de 2019, et sur la proposition de la tierce expertise BRGM-INERIS, la préfecture demande à Fonroche de mener des tests complémentaires – notamment des tests de traçage – afin de déterminer la nature anthropique ou naturelle des séismes :

« La préfecture a demandé à la société Fonroche d'analyser les circonstances de l'évènement sismique et de définir les mesures de sécurité complémentaires préalables à l'éventuelle reprise des opérations. La préfecture a ensuite soumis l'analyse fournie par Fonroche à une tierce expertise, menée par [...] l'[INERIS] et le [...] [BRGM]. Un ensemble de données a été intégré à leurs réflexions, notamment celles issues de l'étude sismologique produite par [...] l'[EOST]. [...] Afin de lever toutes les hypothèses persistantes, l'Ineris et le BRGM ont notamment recommandé de renforcer le réseau de surveillance sismique, aujourd'hui opérationnel, ainsi que la connaissance des compartiments hydrogéologiques. À cet effet, la préfète du Bas-Rhin autorise à partir du 1^{er} octobre 2020, la réalisation de tests de traçage visant à mieux connaître les conditions de circulation naturelle de l'eau en profondeur. [...] Cette décision a été prise en très étroite concertation avec les maires de Vendenheim, Reichstett, et Strasbourg, avec la présidente de l'Eurométropole, et après consultation de la commission de suivi de site, mais également des services du ministère de la Transition écologique. Les résultats de ces tests de traçage seront soumis à l'analyse d'un comité d'experts indépendants en cours de constitution. En cas d'avis favorable du comité, la préfète pourra alors être amenée à autoriser une montée en puissance des tests d'injection. Si tous les tests menés s'avèrent favorables et démontrent que les risques sont maîtrisés, une exploitation industrielle de la centrale géothermique pourrait être envisagée à la fin du premier semestre 2021. » (Extrait du communiqué de presse de la préfecture du Bas-Rhin, 24 septembre 2020)

L'enjeu pour la préfecture est ainsi de vérifier si la responsabilité de l'industriel est engagée ou non, ou, autrement dit, à vérifier s'il est responsable des séismes. La préfecture joue ainsi son rôle de police des mines, en cherchant à éviter de nouveaux séismes :

« En cas d'accident survenu dans une mine en cours d'exploitation, l'autorité administrative compétente en matière de police des mines prend toutes les mesures nécessaires pour faire cesser le danger et en prévenir la suite. » (article L75-3 du Code minier)

Cependant, le 4 décembre 2020, de nouveaux séismes ont lieu, et dont l'origine est – selon les experts – due aux tests d'injections. La préfecture décide, le 7 décembre 2020, d'arrêter définitivement la centrale de Vendenheim, et de suspendre trois autres projets de géothermie à proximité de Strasbourg : Illkirch (porté par Électricité de Strasbourg), Hurtigheim et Eckbolsheim (portés par Fonroche). La suspension est justifiée par la préfecture le temps de maîtriser et encadrer le risque (DNA, 09/12/2020). En effet, dans l'arrêté préfectoral du 24 mars 2016, autorisant l'ouverture des travaux miniers, il est indiqué à son article 12 qu'il est nécessaire que l'industriel maîtrise la sismi-

citée induite sous le seuil de magnitude 2, sous peine d'arrêt des opérations, et dont la reprise ne sera possible qu'après autorisation de la DREAL. La préfecture considère donc dans son arrêté préfectoral du 7 décembre que l'industriel n'a pas su maîtriser les séismes, conduisant à l'arrêt du projet.

Fonroche a contesté la décision auprès du tribunal administratif de Strasbourg, qui a rendu deux décisions en mars 2022. L'entreprise demandait notamment d'annuler les arrêtés préfectoraux ordonnant l'arrêt définitif des opérations de forages, l'une datant de décembre 2020, les autres datant de février et octobre 2021. Pour le premier arrêté préfectoral, le tribunal l'a fait annuler, arguant que la préfecture ne pouvait pas invoquer une urgence ou un péril imminent – du fait d'une surveillance par l'industriel de la sismicité – et donc aurait dû inviter l'industriel à présenter ses observations avant de mettre en place une mesure. Pour les arrêtés préfectoraux de 2021, le juge affirme que la police des mines a pour mission de protéger les intérêts énumérés à l'article L.161-1 du Code minier – c'est-à-dire la préservation et la sécurité des infrastructures, monuments, activités économiques et de la biodiversité – et à ordonner la suspension des travaux en cas de péril imminent. Néanmoins, cela ne permet pas d'arrêter définitivement des travaux, ni à demander à l'industriel de déclarer un arrêt définitif des travaux, le juge faisant la distinction entre la surveillance administrative et la police des mines, et reprochant à la préfecture d'avoir fait la confusion entre les deux types de pouvoirs.

Si la préfecture a fait preuve d'imprudence, en agissant dans l'urgence et en faisant des erreurs de procédures, une autre pierre d'achoppement porte sur le droit ou non, pour l'État d'exiger de faire des études complémentaires. Pour ce fonctionnaire du ministère de la Transition écologique, la préfecture n'aurait pas dû préempter la capacité technique de l'opérateur, en imposant des tests complémentaires, mais retirer le titre si elle jugeait l'industriel incapable de gérer le risque. Cette situation peut, selon cet acteur, poser un problème juridique :

« Il y a eu tout de suite, une posture de critiquer la capacité technique de l'opérateur, et de préempter cette capacité technique, de se l'attribuer, et de donner des éléments, ce qui, normalement, quand on dit que l'opérateur n'a pas les capacités techniques, c'est un motif de retrait du titre. Donc il y a une absence de dialogue entre le préfet au niveau local et l'administration centrale, pour aller vers la bonne situation d'un point de vue juridique, pour préserver les intérêts de l'État. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

Pour cette personne, une erreur qu'a faite la préfecture, et donc l'État, est d'avoir nommé un de ses services, en l'occurrence du BRGM, pour prescrire des opérations pour mitiger le risque sismique :

« Ah non, il aurait fallu faire intervenir un [autre] acteur [plutôt que le BRGM]... Parce que nous le BRGM, en plus, on a besoin du BRGM, de l'INERIS pour notre propre expertise. Là, tu les mets au milieu du dispositif, c'est-à-dire tu recrées une société nationale. C'est comme si on était partenaire du titre minier, ce qui n'est pas le cas. Si on était partenaire, si l'État était associé sur le permis minier, à ce moment-là, il pourrait mobiliser ses équipes et on aurait des comités techniques, on confronterait les positions et la décision d'investissement ne serait prise que si les équipes, l'ensemble des équipes techniques sont d'accord, et on assumerait la responsabilité. Tandis que là, on n'est pas titulaire du titre minier, on n'est pas responsable. On a confié ce titre à quelqu'un, et là, on interfère par le biais d'établissements publics, pour faire modifier les décisions de l'opérateur, en lui prenant la main, en disant "voilà comment tu vas faire". C'est comme si on disait à un chirurgien "voilà, tu utilises cet outil, voilà, tu fais". [...] Tandis que la logique de l'État jusqu'à présent c'était de dire : on a choisi un opérateur, c'est lui qui prend les risques. Nous, on intervient qu'*in fine*, vis-à-vis des personnes qui auraient subits des dommages, pour les aider, si jamais. Mais l'opérateur reste responsable de tout ce qu'il fait, il est le mieux placé, c'est lui qui choisit. Et donc, si on avait un doute sur, par exemple, la qualité d'un programme de travaux et qu'on n'ait pas la compétence suffisante en interne, parce qu'il faut des moyens pour maintenir des compétences comme ça, et puis on fait appel à une tierce expertise, qu'on [l'État] paye. [...] Pour pouvoir dire à l'opérateur : voyez, la tierce expertise, elle dit, il faut que vous procédiez comme ça, et à ce moment-là, l'opérateur aurait adopté, modifié et assumé ou dit non on le fait pas. Tandis que là, on a fait un mélange des genres. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

« [Demander une tierce expertise à des entreprises privées] ça se fait, ces boîtes-là, elles ont l'habitude. Mais, on aurait pu aussi faire intervenir des sociétés, des entités comme TNO aux Pays-Bas, [...] Mais ça, si tu veux, l'État aurait dû le faire, et le payer, pour éclairer son avis, et ensuite voir l'opérateur. Lui dire : "écoutez, voilà. Moi, mon expertise me dit que, il faut procéder comme ça, il faut faire comme ça. Est-ce que vous êtes d'accord, est-ce que vous l'appropriez ? Et si vous vous l'appropriez, c'est sous votre responsabilité que vous le faites. Sinon j'estime qu'on ne fait plus d'activités et je vous retire le titre [...]". Tandis que là, si tu veux, on a dit, on a fait des préconisations, qui nous engagent, qui nous lient complète-

ment en cas de problèmes. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

Pour cette personne, l'État aurait dû nommer un autre acteur, indépendamment de lui-même – des industriels ou un service géologique national d'un autre pays –, pour conduire cette tierce expertise, et laisser l'opérateur décider ou non de prendre en compte des suggestions, plutôt que de l'imposer. Il y a ainsi un enjeu de séparer les responsabilités entre les différents acteurs. Ce *verbatim* est particulièrement intéressant, car il questionne la place de l'État et son usage du sous-sol. En effet, bien que le sous-sol soit défini comme propriété de l'État dans le Code minier, il donne des concessions pour pouvoir l'exploiter. Cette concession signifie pour l'État de donner pleine confiance dans les compétences de l'opérateur pour conduire des travaux en évitant les risques, et ce dernier intervenant *a posteriori*, lorsqu'il y a des dommages et lorsque la sécurité des personnes est remise en cause. Dans ce cas-là, c'est la responsabilité de l'opérateur qui est engagée, du fait qu'il était décisionnaire des travaux. En proposant d'intervenir, l'État engage sa responsabilité, défaussant partiellement de celle de l'opérateur – qui pourra se retourner, en invoquant qu'il n'avait pas le choix, que les travaux étaient imposés par l'État. Dans cette situation, c'est l'État qui serait responsable des dommages, dommages qu'il est censé compenser. Cette situation questionne la place de l'État et de l'aménagement du sous-sol, en proposant soit un scénario de laisser-faire – avec la responsabilité allant au privé –, soit un scénario d'interventionnisme fort de l'État, mais où ce dernier doit être propriétaire du titre minier et avec l'intervention des services étatiques, recréant un modèle de compagnie nationale. Néanmoins, le choix du BRGM peut être compréhensible. Dans une autre enquête, sur le stockage géologique de CO₂ (Missaghieh--Poncet 2019), le choix du BRGM par la DREAL était justifié par l'expertise de ce dernier dans le domaine du sous-sol, avec une certaine frilosité à travailler avec des acteurs étrangers, pour éviter des problèmes de confidentialité. S'il existe des garde-fous, à l'instar de clauses de confidentialité, ce type de para-

mètres peuvent rentrer en jeu. Toutes ces questions interrogent sur la gouvernabilité du sous-sol et des rapports de force entre les pouvoirs publics et les acteurs privés.

Au-delà de la question de la responsabilité de l'État, le rôle de tierce expertise par le BRGM pose problème aux industriels, du fait des nombreuses responsabilités que jouent le service géologique, et la méfiance qu'il peut générer :

« Donc ça, il ne le partage pas. Et le droit minier l'autorise à conserver cette connaissance pendant dix ans. Je veux dire, confidentielle, elle ne sera publique que dans dix ans. Et effectivement, du coup, il n'y a pas le même niveau de connaissances. Parce que l'État n'a pas continué à améliorer la connaissance sur ces sujets sous-sols en parallèle, et peut difficilement rivaliser avec la connaissance locale de l'opérateur. Donc c'est ça aussi. Et s'il faut qu'il partage ces données 3D avec le BRGM, je crois que ça va lui arracher le cœur [rires]. Alors, je ne sais pas comment ils ont résolu la difficulté. Mais du coup, l'entité qui va faire l'expertise ne part pas avec le même niveau de connaissances et de données que l'opérateur. Tandis que si on peut demander à l'opérateur, alors que l'État peut se faire remettre les données, peut demander sur la base de ces données, dans la mesure où elle reste confidentielle, à la société privée qu'elle mandaterait, de les analyser et de regarder les préconisations, l'État a les moyens de se faire faire une expertise, sur la base des données qui ne sont pas publiques, les moyens de se faire faire une expertise de qualité, sur la même base que celles qu'ont les opérateurs, dans la mesure où ces données restent confidentielles » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

La connaissance du sous-sol étant coûteuse, l'État avait mis en place une base de données de mutualisation des connaissances, la base sous-sol (BSS), après une période d'exclusivité pour l'industriel. Néanmoins, cette base de données est gérée par le BRGM. Ce dernier, bien que jouant le rôle d'expertise pour l'État, joue également le rôle d'acteur industriel, dont nous expliquerons les modalités par la suite. Cependant, ce qui est intéressant ici, c'est la question du partage des informations, et notamment sa granularité, vis-à-vis d'une tierce entreprise. Si on met de côté les questions de confiance entre les différents acteurs, d'un point de vue technique, cette granularité est primordiale afin de pouvoir identifier les différentes failles. En effet, comme nous avons pu voir lors de la controverse sur les modèles proposés par Fonroche, une des critiques portait sur le manque de précision des modèles, qui n'a pas permis de déterminer les subtilités des réseaux de failles et hydrogéologiques qui auraient permis

d'anticiper un risque sismique. Ainsi, un des enjeux est de permettre l'accès à ces connaissances pour permettre une expertise. Normalement, le BRGM, en tant que service géologique, a la capacité technique de jouer ce rôle d'expertise. Néanmoins, de par les autres rôles qu'il joue, il se trouve dans une sorte de « conflit d'intérêts » remettant en cause son rôle d'expertise, et dont la solution serait de passer par une société tierce pour conduire cette expertise. Ainsi, ce *verbatim* illustre une critique de la concentration des compétences du BRGM, qui le place dans une situation où il est difficile pour la structure d'assurer ses missions sans faire l'objet de critiques, et montrant ainsi un dysfonctionnement de la filière, remettant en cause la possibilité d'une tierce expertise par un organisme public.

Cependant, si la connaissance du partage avec le BRGM pose autant problème, cela vient du fait de la diversification de cette dernière dans ces activités. En effet, comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, et même si cela tend à devenir moins vrai, le BRGM est l'un des principaux actionnaires de la Compagnie française de géothermie (CFG), une entreprise historique dans ce domaine :

« Le problème c'est justement cette image du BRGM global qui fait qu'il y a aussi une dissension très forte entre les acteurs de la géothermie "nouvelle" et le BRGM. Donc ça, c'est un état de fait, qui vient aussi brouiller les capacités qu'on peut avoir de discuter entre acteurs. Parce que le BRGM a évidemment des compétences sur ces sujets-là. Mais en fait, on ne parvient pas à avoir une organisation qui serait constructive, qui serait plutôt faiseuse de bonnes solutions, qui permettent de construire des choses pratiques, des guides de bonnes pratiques. Les acteurs, ils se détestent en fait [rires]. C'est un peu le problème. Il n'y a pas d'entités, il y a plus d'entités... ils ont leur association de géothermie, mais par exemple... [...] [Par exemple, dans la filière des hydrocarbures] il y avait une chambre syndicale pour les hydrocarbures, dans laquelle les opérateurs se retrouvaient tous les mois, ils échangeaient des données, ils partageaient de bonnes pratiques. Il y avait des guides de bonnes pratiques, qu'ils faisaient entre eux, et qu'ils faisaient valider par l'État. [...] Parce qu'ils avaient intérêt à partager de l'information. [...] Et pour autant, quand il y avait des règlements de concurrence, ça frittait sérieux. Mais sur l'essentiel [...] ils partageaient de l'information. Parce qu'aucun d'entre eux n'avait intérêt à ce que ça se passe mal. Et ça, il faudrait réussir qu'au sein de la géothermie ça se mette en place. Mais, il y a trop de déséquilibre dans le poids des acteurs. Et ils estiment par exemple que le BRGM, bah oui, comme il fait de la géothermie, il stocke de la donnée, il est auprès des

collectivités. Voilà, il a trop de facilités par rapport à d'autres. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

La présence d'un acteur multi-casquettes, ici le BRGM, qui joue à la fois un rôle d'expertise et responsable de bases de données pour le compte de l'État, et d'acteur économique, distord la concurrence. Une des conséquences est que cela engendre une méfiance entre les acteurs, empêchant la mise en place d'une coopération et de partages d'informations qui permettrait, par exemple, d'améliorer les protocoles de forages pour réduire le risque sismique. La critique du BRGM se fait ainsi sur ces différents rôles lui donnant accès à des informations – issues des tierces expertises – et à des fonctions particulières – la gestion des bases de données lui donnant un monopole sur certaines questions.

Les séismes mettent à l'épreuve le fonctionnement institutionnel et la gouvernance du sous-sol, à plusieurs niveaux. La DREAL, et donc les services préfectoraux, sont accusés d'un manque de surveillance de l'activité de l'industriel et n'ayant pas réussi à empêcher la survenue d'un séisme, dont une explication probable est une désorganisation et un manque de coordination entre les différents acteurs. Cette dernière est également accusée par l'industriel, puis confirmée par le tribunal administratif, d'une confusion entre son rôle de police des mines et de surveillance administrative, et n'ayant pas appliqué la bonne procédure pour arrêter le projet. L'intervention de la DREAL dans l'imposition de choix techniques remet en cause également l'indépendance et la responsabilité de l'État vis-à-vis des projets, questionnant sur les modèles d'exploitation du sous-sol. Finalement, une critique est portée sur le rôle du BRGM, jouant à la fois un rôle administratif et technique – en tant qu'expert et centralisateur de données – et un rôle économique-industriel, suscitant la méfiance des autres acteurs et accusée de distordre la concurrence.



Si la géothermie cherche à stabiliser son modèle technoéconomique, elle peut, du fait des incertitudes et d'une méconnaissance du sous-sol, être à l'origine de séismes. En Suisse, le séisme de Pohang s'inscrit au sein d'une controverse contre la géothermie profonde dans le Jura, et où le débat s'insère au sein de l'arène législative (parlement cantonal), débordant des arènes où elles étaient cantonnées alors (une opposition associative). La conséquence est alors un renforcement des mesures de sécurité, déjà importantes, et une confirmation du projet. En France, les séismes alsaciens ont fait l'objet d'une controverse médiatique et scientifique sur l'origine des séismes. Si la définition de l'origine d'un séisme présente un certain nombre de difficultés, un certain nombre d'indices laisse présager l'origine anthropique du séisme, où l'industriel est mis en cause, du fait de choix de scénarios jugés trop optimistes par les experts, et d'une faible prise en compte des procédés habituels en vigueur dans l'industrie.

En surface, la question des séismes est l'occasion pour les populations – riverains et habitants – de prendre conscience de l'existence du sous-sol. Cette prise de conscience permet de construire les territoires verticaux, en voyant le sous-sol comme une extension de la surface. Face au séisme, il y a une volonté de comprendre son origine, et de voir si le risque est acceptable pour le territoire, au regard des enjeux de transition énergétique. Il y a ainsi une volonté de « sécuriser » la surface par les habitants, et où les risques permettent de révéler les dimensions matérielles du sous-sol, et possédants des dynamiques ayant des répercussions à la surface. Au-delà des questions de la gestion du risque, il y a également la mobilisation d'un imaginaire. En Alsace, cela passe notamment par la volonté de protéger une nappe phréatique – présentée comme la plus grande d'Europe – face à un risque de pollution apportée par la géothermie, et où la dimension symbolique est particulièrement mise en avant. Dans le cas de la Suisse, il a été craint que le forage traverse une nappe d'hydrocarbures et contamine la nappe phréatique. Ces différents exemples montrent l'enchevêtrement de strates, reliées par

les réseaux de failles et de puits, et permettent de concevoir le sous-sol comme un milieu non pas monolithique, mais comme étant stratifié. De plus, la question des risques n'est plus ici seulement abordée sous un angle sous-sol/surface, mais également à l'intérieur du sous-sol.

Finalement les séismes révèlent également la problématique de la gestion du sous-sol par les pouvoirs publics, pointant du doigt les difficultés à comprendre, surveiller et contrôler le sous-sol. Si le rapport d'expertise BRGM-INERIS a été remis en question au sein de la sphère médiatique, avec une critique de l'absence d'un positionnement clair sur l'origine des séismes. Néanmoins, ce rapport est sévère vis-à-vis de l'industriel, critiquant les modèles choisis, notamment géologiques et hydrogéologiques. Ces critiques pointent la difficulté, pour l'État, à comprendre le sous-sol et à trancher les controverses. Il a également des difficultés à surveiller le sous-sol. En effet, la DREAL a également fait l'objet de critiques, accusée de mal suivre les travaux conduits par l'industriel. Selon une note d'information du BRGM-INERIS, cela est dû à une difficulté de coordination entre les différents acteurs. Un élément explicatif serait une réorganisation de l'appareil étatique, qui désorganise la gestion du sous-sol. Finalement, selon une personne de l'administration, l'ingérence de la préfecture dans les choix techniques pose également des questions de responsabilité, sans oublier la question des différentes responsabilités du BRGM ayant des conséquences sur l'organisation de la filière géothermie. Ce dernier point questionne la capacité de l'État à pouvoir s'organiser pour pouvoir contrôler efficacement le sous-sol, tout en disposant de garde-fous suffisant pour ne pas engager sa responsabilité.

Les séismes ont permis de révéler une prise de conscience du sous-sol, générant des controverses au sein d'arènes scientifiques, techniques, médiatiques et administratives. Cependant, au-delà de cette prise de conscience, les séismes montrent également les limites des systèmes existants, pouvant s'expliquer par une désorganisation de l'État – à travers sa réorganisation inachevée –, réduisant sa capacité à piloter l'usage

du sous-sol, notamment dans un contexte de transition énergétique. Nous proposons de revenir sur ces changements dans le prochain chapitre, en regardant la place du sous-sol au regard des politiques de transition énergétique et au sein des institutions publiques.

CHAPITRE 9 – LA PLACE DU SOUS-SOL DANS LES INSTITUTIONS PUBLIQUES : DE LA DÉMOCRATIE TECHNIQUE LOCALE AUX JEUX D'ACTEURS PLURISCAIRES

Dans le chapitre précédent, nous avons vu comment les séismes permettent la construction de la verticalité des territoires, à travers une prise de conscience et une entrée au sein du débat public du sous-sol. Cette prise de conscience se manifeste, entre autres, par la mise en débat de la géothermie : doit-on l'accepter sur le territoire ? À quelles conditions pour notamment réduire le risque sismique ? Cette prise de conscience du sous-sol s'est également manifestée à travers la dimension idéale et symbolique, par exemple à travers la défense d'une nappe phréatique perçue par les habitants comme un patrimoine commun. Finalement, les séismes ont révélé une forme de désorganisation involontaire de l'État dans la gestion du sous-sol, révélant des difficultés de coordination entre acteurs, ainsi que les difficultés pour l'État d'engager sa responsabilité face aux risques sismiques. De ce fait, les séismes ont permis l'émergence et la construction d'un territoire avec une dimension souterraine, dans toute sa complexité et ses strates. Cependant, si nous pouvons voir une construction balbutiante des territoires verticaux dans les représentations des acteurs, elle n'est que très faiblement institutionnalisée. Cette mise en débat du sous-sol questionne son rôle au sein des politiques de transition énergétique, de deux manières différentes.

Tout d'abord, nous étudierons dans un premier temps la mise en place d'une commission traitant des enjeux sismiques. Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, les séismes ont fait l'objet de débats intenses, notamment à Strasbourg. Il en a résulté la mise en place d'une commission – la mission d'information et d'évaluation – qui cherche d'une part à comprendre les origines des séismes au sein d'une arène poli-

tique, d'autre part à faire des propositions pour rendre acceptable la géothermie dans les territoires. De par les modalités de concertation mise en œuvre, à travers la consultation d'une pluralité d'acteurs – citoyens, associations, experts, politiques –, cette commission permet d'illustrer la mise en place d'une démocratie technique. Au-delà des questions de la place de la géothermie et du sous-sol au sein de la transition énergétique, cette commission interroge la difficulté de faire le choix du « bon » mix énergétique, fruit de contraintes et de compromis. Ainsi, elle illustre une tentative d'institutionnalisation faible des territoires verticaux – car ponctuelle et peu susceptible à se reproduire.

Dans un second temps, nous interrogerons la place du sous-sol au sein des institutions existantes. Une première sous-partie s'intéressera aux jeux d'échelles dans la mise en place des projets de géothermie à l'échelle fédérale, la Suisse s'est engagée dans un processus de transition énergétique, avec sa Stratégie énergétique 2050, en poussant notamment le déploiement de la géothermie avec des financements conséquents. Cependant, la compétence du sous-sol est dévolue aux Cantons. La Suisse apparaît ainsi dans une situation où une stratégie nationale dépend de la volonté locale de la mettre en œuvre, et où l'échelon national a essentiellement un rôle d'animation des filières. En France, au contraire, le sous-sol est une compétence régaliennne, influençant les trajectoires locales. Finalement, nous avons vu dans le chapitre précédent, les difficultés de pilotage du sous-sol en France à l'échelle locale. Au sein d'une seconde sous-partie, nous verrons que ces difficultés ont leur origine dans une réorganisation de la gouvernance autour du sous-sol, oubliant de traiter spécifiquement ces questions, et induisant tant une perte de compétences de l'État sur ces questions qu'une perte de priorité, et où le sous-sol subit un désintérêt de la part de l'État.

Les différentes parties de ce chapitre vont ainsi montrer la place qu'occupe le sous-sol au sein des débats pour la transition énergétique, mais surtout leur traduction institutionnelle.

1. Démocratie verticale : quand les séismes modifient les politiques locales de transition énergétique

Les séismes à Strasbourg ont fait l'objet de débats intenses. Il en a résulté la mise en place de ce que l'on a appelé une démocratie verticale, c'est-à-dire la volonté de gouverner le sous-sol, et par conséquent les objets techniques à l'origine de son exploitation (les centrales géothermiques). L'institution qui incarne ce questionnement est une commission, la mission d'information et d'évaluation, mise en œuvre pour trancher les controverses. L'un des objectifs de cette commission est de mieux comprendre, pour différents acteurs du territoire, les enjeux autour du sous-sol, et de définir les règles permettant de définir les « *conditions de leur acceptabilité par les citoyens* » (délibération de l'Eurométropole du 18 décembre 2020, instituant la commission). Cependant, au-delà de ces questions, un enjeu pour le territoire strasbourgeois est de définir un mix énergétique pour mener sa politique de transition énergétique, en y définissant la place du sous-sol. Cette commission permet ainsi d'étudier une forme d'institutionnalisation, certes temporaire, des territoires verticaux : regarder sa mise en œuvre et ses dynamiques peuvent nous éclairer sur le saisissement par les différents acteurs du territoire de la question du sous-sol.

1.1. Une controverse autour des séismes conduisant à faire une démocratie technique et à esquisser un commun énergétique territorial

Dans les chapitres 7 et 8, nous avons vu que les séismes en 2019 et 2020 ont suscité d'importants débats concernant la place de la géothermie sur le territoire strasbourgeois. Une des réponses politiques apportées a été la mise en place d'une mission d'information et d'évaluation (MIE) par l'Eurométropole de Strasbourg (EMS). Cette forme de mission est prévue dans son règlement intérieur et consiste à « *recueillir des éléments d'information sur une question d'intérêt métropolitain ou de procéder à l'évaluation d'un*

service public métropolitain » (article 20 du règlement intérieur) et donnant lieu à un rapport remis au président et conseillers de l'Eurométropole. Dans ce cadre-là, la MIE Géothermie est mise en place – l'intérêt métropolitain étant soulevé –, du fait que les séismes remettent en cause la stratégie énergétique de l'agglomération et engendrent des nuisances, en étant à l'origine de fissures sur les habitations. Cette commission est alors établie, avec un « Collège d'élus » regroupant onze élus de l'Eurométropole, deux membres élus du conseil de l'Eurodistrict (un groupement européen de coopération territoriale entre l'agglomération de Strasbourg et de l'arrondissement d'Ortenau en Allemagne), deux représentants de la ville de Kehl (commune frontalière allemande, jouxtant Strasbourg), et un « Conseil scientifique, associatif citoyen », avec des représentants scientifiques – BRGM, EOST, Institut FEMTO-ST CNRS-UMR 6174, Karlsruher Institut für Technologie, Fondation européenne pour la science –, des représentants de neuf associations environnementales et de riverains, ainsi que six citoyens volontaires tirés au sort. Cette mission avait pour objectif d'apporter des éléments pour éclairer l'Eurométropole sur l'accident de Vendenheim, ainsi que sur les conséquences sur les politiques énergétiques de l'agglomération, à travers un état des lieux du développement du projet à Vendenheim, l'examen, le rôle et l'intérêt de la géothermie pour le territoire, et plus globalement, proposer des orientations concernant la transition énergétique, au prisme de l'acceptabilité sociale. Cette mission a tenu treize réunions, entre février et août 2021, et un rapport présenté en novembre 2021 au Conseil de l'EMS.

Les principales conclusions du rapport pointent un manque de transparence et de concertation entre les différents acteurs. Ainsi, il déplore que des avis émis en dehors des arènes politiques et technoscientifiques ne soient pas forcément entendus (car réduits au NIMBY), mais aussi critique le Code minier, jugé trop opaque et n'associant pas suffisamment les collectivités et les citoyens. L'Eurométropole est également critiquée, jugeant qu'elle n'a pas suffisamment communiqué et animé des débats autour

des projets, empêchant la remontée des « craintes exprimées ». De manière complémentaire, il était demandé des expertises indépendantes mises à disposition des citoyens et des associations pour comprendre les enjeux des projets. Au-delà des enjeux de gouvernance, la MIE pose les conditions rendant acceptable la géothermie. En effet, la MIE reconnaît la question de l'urgence climatique, et que le sous-sol peut être un élément de réponse en fournissant des ressources nécessaires, mais que son usage doit être encadré par une connaissance précise du sous-sol, et s'inscrivant au sein d'un « *cadre d'une concertation démocratique, visant au consensus territorial* ». De fait, la MIE souhaite réduire l'incertitude, en cherchant à identifier les potentiels risques (Callon, Lascoumes, Barthe 2001).

La MIE fait ainsi un certain nombre de préconisations, allant d'une évolution du Code minier – en améliorant les processus d'information et de concertation – en élargissant le périmètre spatial –, en associant les collectivités locales dans la prise de décision :

« On a des propositions d'évolution du droit minier, d'évolution du droit de l'environnement, par exemple sur les enquêtes publiques. Les enquêtes publiques se sont déroulées sur la géothermie profonde, strictement à l'endroit sur les communes et les communes voisines des communes qui étaient concernées par les forages, et on voit bien que dans un projet comme ça, une enquête publique doit s'étendre à toutes les populations qui sont exposées au risque et on voit bien que la commune de la Wantzenau par exemple, qui est une commune voisine [...] a eu le plus de dégâts, parce qu'elle était dessus de l'épicentre des séismes alors qu'elle n'a jamais eu, à aucun moment, ni ses citoyens, n'a eu à se prononcer ou même connaissance du projet de géothermie, considéré que c'était à Vendenheim-Reichsteitt [...]. Voilà, c'est évidemment une évolution fondamentale. C'est dire que les enquêtes publiques concernent et s'adressent aux personnes concernées par le risque et pas par le lieu où va s'implanter l'activité industrielle dangereuse. » (Strasbourg_EMS, élu au sein de l'Eurométropole de Strasbourg)

Un argument justifiant cet élargissement spatial vient du fait que les conséquences du séisme peuvent toucher une autre commune que le lieu d'implantation du projet. En effet, comme nous avons pu le voir précédemment, les séismes ont pu faire une translation spatiale, en suivant une faille sismique. Cette évolution de la législation viendrait ainsi en compte non seulement une géographie de la surface – suivant le para-

digme qu'un risque est plus important à proximité d'un site industriel – mais également la géographie souterraine, en regardant le contexte géologique, remettant partiellement en cause le paradigme de proximité. Si la mise en place de cet élargissement peut présenter une complexité pour le législateur/la préfecture – comment définir les communes concernées, quand le sous-sol est lui-même difficile à appréhender pour les géoscientifiques ? – cela permet néanmoins de poser la question de l'interdépendance du sous-sol et de la surface dans le domaine de l'aménagement du territoire.

De plus, pour cette commission, les projets de forages doivent être conditionnés à une connaissance scientifique suffisante (campagne sismique, données géophysiques transmises à une tierce expertise et à la communauté scientifique). Une place d'importance est donnée à la transparence des projets, qui se manifeste à travers la diffusion des connaissances envers une « *expertise scientifique indépendante* », mais aussi à une transparence des projets, et une « *capacitation* » des associations, pour permettre une « *contre-expertise citoyenne* » : autrement dit, cette MIE veut donner les outils cognitifs nécessaires à la population, afin qu'elle puisse avoir un regard critique sur les projets. Cette contre-expertise est en fait une forme de médiation des savoirs issus des géosciences vers un public de profanes :

« On a bien entendu les associations, leurs difficultés [...] : la MIE fait quelques propositions sur la capacité, la capacitation des associations locales et des citoyens à piger ce qui se passe, à développer une forme de contre-expertise quand même, ce n'est pas simple de rentrer dans la géologie, dans de la sismographie, dans la cartographie 3D du sous-sol [...] Quand vous êtes simple citoyen, juste préoccupé par votre environnement immédiat, ce qui est votre droit le plus strict, quand même, les gens sont légitimes à se préoccuper de l'évolution de leur environnement immédiat. Et donc là, effectivement, la MIE dit « bon, là, il faut que maintenant, dorénavant, on respecte mieux les citoyens, leurs associations et qu'on leur donne même les moyens de contre-expertise, de développer une contre-expertise argumentée, documentée, etc. ». » (Strasbourg_EMS, élu au sein de l'Eurométropole de Strasbourg)

Derrière la mise en place de ce procédé d'« *expertise citoyenne* » se cachent différents processus qu'il paraît important d'explicitier. Le premier processus est une méfiance envers les autorités expertes – notamment ceux émanant des industriels, dont la

confiance est érodée, car jugés être responsables des séismes – mais aussi une volonté de comprendre les processus techniques, afin de pouvoir « mettre en débat » la technologie, en se fondant sur un argumentaire technique. Cette mise en débat s'inscrit au sein d'une demande sociale où l'expertise servirait des objectifs de démocratisation de la connaissance, afin d'explorer les questionnements à l'aube des connaissances disponibles (Joly 2012) :

« Le rôle en fait des associations, c'est clairement de fédérer autour des habitants des différentes communes et des citoyens au sens large, l'idée c'est un tout petit peu d'amener cette connaissance, de partager cette connaissance, de vulgariser bien sûr aussi, parce que c'est important, et une fois que cette vulgarisation est en place, on peut mener ce débat contradictoire. [...] C'est-à-dire que tout le monde doit avoir un minimum d'informations, parce qu'aujourd'hui, d'une manière générale, les gens réagissent plutôt de façon épidermique, sans savoir réellement de quoi ils parlent [...]. Là, aujourd'hui, on [l'association] sait argumenter, puisqu'on a travaillé. » (Strasbourg_Association1, représentant d'une association de riverains)

Les associations souhaitent ainsi jouer le rôle d'intermédiaire, de proxy dans la mise en débat de cette technologie. Ils veulent ainsi jouer le rôle d'experts interactionnels (Collins, Evans 2002), c'est-à-dire de personnes qui auront la capacité de comprendre les deux univers – ici, les géosciences et la compréhension « profane » du citoyen, ainsi que ces préoccupations –, et qui pourront traduire dans un langage clair pour chaque acteur les propos des deux mondes. Il y a derrière l'idée, et c'est le second point de ce *verbatim*, qu'une compréhension des événements permettrait, selon cet acteur, la mise en place d'un travail de compréhension et donc d'argumentation, sur les projets.

Si, sur la forme, cet élu de l'agglomération souhaite que ce travail d'expert interactionnel soit joué par des experts financés par l'agglomération, on retrouve un mécanisme similaire :

« Mais dire qu'à un moment donné, ça passe par un financement que l'EMS finance un dispositif [en finançant] des experts qui travaillent avec des associations citoyennes. On leur met à disposition un *pool* d'experts indépendants, qui puisse éplucher les dossiers, qui puisse rentrer dans le truc, qui puissent accompagner. Je me souviens toujours des comités de suivi de site, où la présidente de

l'association [de riverains] [...] membre de la MIE, qui était présente [...], [qui était] juste citoyenne et on la balance dans une instance de comité de suivi de site, où il y a la DREAL, où il y a l'opérateur Fonroche, où il y a des géologues et tout. Et donc le fait qu'à un moment donné, [la présidente de l'association] soit accompagnée par quelqu'un qui puisse poser les bonnes questions, qui puisse lui expliquer [...] [...] C'est un vrai sujet, c'est le vrai sujet, que sur des sujets complexes comme ça, comment l'élu et les citoyens, enfin la sphère citoyenne au sens large, associative et tout ça, le territoire, comment il se capacite, comment il monte en expertise pour avoir un avis éclairé sur ce qu'il se trame.» (Strasbourg_EMS, élu au sein de l'Eurométropole de Strasbourg)

L'enjeu, pour les associations et les élus, est ainsi permettre de rendre moins hermétique ces connaissances – c'est-à-dire de sortir les connaissances du cénacle des experts du domaine – afin de permettre directement aux citoyens participant aux commissions de poser des questions, en s'appuyant non pas sur le travail des associations – qui ne posséderaient pas forcément des compétences techniques de compréhension des dossiers –, mais sur des « experts indépendants », dont il reste à définir les contours (universitaires, ingénieurs R&D d'entreprises externes au projet, etc. ?).

Les préconisations de diffusion de connaissances proposées par la MIE sont, de fait, une demande d'un forum hybride (Callon, Lascoumes, Barthe 2001), où la technique est questionnée vis-à-vis des enjeux et des risques pour les sociétés humaines, et où les conséquences sont discutées par une pluralité d'acteurs dans un cadre démocratique et dialogique. Les forums hybrides permettent ainsi de discuter et d'explorer des problèmes, en envisageant les différentes solutions possibles, par un apprentissage entre savoirs experts et profanes. Les propositions vont dans ce sens, à travers la volonté qu'une pluralité d'acteurs participe, tant de sphères scientifiques que civiques. La « *contre-expertise citoyenne* » et la « *capacitation* » peuvent vues comme une forme d'apprentissage entre des savoirs experts et profanes. Autrement dit, la MIE préconise la mise en place d'un forum hybride autour des questions de la géothermie, afin de permettre une acceptabilité de cette technologie, en définissant collectivement les conditions pouvant la rendre acceptable. Cette expérience de forum technique semble avoir été fructueuse, et suscite un intérêt politique :

« Et donc on a trouvé cette configuration [...] que c'était le lieu d'une forme d'éducation populaire, des différents membres, et pendant six mois, on a appris les uns des autres, et ça c'était tout à fait intéressant. Et c'est évidemment à retenir en termes de méthodes, pour les occasions ultérieures. Voilà, ça, c'est vraiment sur le déroulé de la MIE lui-même, qui a été de ce point de vue là tout à fait intéressant et on a remarqué au passage que les plus assidus, c'était les non-élus. » (Strasbourg_EMS, élu au sein de l'Eurométropole de Strasbourg)

Cet élu pointe ainsi que ce mode de concertation a permis un important engagement de citoyens. Si, durant la mise en place des projets de Vendenheim, l'agglomération était critiquée pour son manque de communication et de mise en débat du projet, on peut voir derrière la mise en place d'un forum technique un moyen de permettre une participation et une constitution des projets. Comme nous le verrons dans la sous-partie suivante, l'arrêt de la centrale de Vendenheim modifie la politique de transition énergétique de l'agglomération strasbourgeoise, nécessitant le déploiement de nouvelles sources d'énergie pour atteindre ses objectifs. De ce fait, la création de ces forums hybrides peut être vue comme une forme de concertation permettant d'encadrer les controverses au sein d'une arène précise, bien que cette dernière, dans sa forme, ne soit que provisoire.

Finalement, la MIE a défini et synthétisé son rapport en cinq mesures, résumées sous le « Protocole de l'Eurométropole de Strasbourg », qui définit, selon la mission, les conditions pour rendre acceptable la géothermie, et qui est le fruit de cette concertation entre acteurs techniques/experts, élus et citoyens :

« Priorité à la production de CHALEUR pour le territoire ; CONNAISSANCE avérée et partagée de la ressource ciblée et suivi scientifique avant et pendant le développement et l'exploitation des projets ; CONSENSUS territorial pour les projets dans les communes concernées ; la MIE appelle l'EMS à tout mettre en œuvre pour que les communes concernées soient étroitement associées aux projets qui les concernent et pour s'assurer de leur adhésion à ces projets ; COOPERATION entre l'opérateur et le territoire, à travers la recherche d'une implication publique et citoyenne dans la gouvernance des projets ; Respect des méthodologies de projet éprouvées et internationalement reconnues (Best practice), sous le CONTRÔLE d'experts indépendants et d'un suivi associant collectivités et citoyens. » (Rapport de la MIE)

En définissant les conditions rendant acceptable la géothermie – à travers son usage (chaleur), des règles de gouvernance des projets (partage des connaissances, consensus, coopération, contrôle) et les acteurs concernés (collectivités, citoyens, scientifiques) –, on retrouve les trois dimensions d'une gestion d'un commun (ressource, communauté, gouvernance) (Ostrom 2020).

La géothermie profonde a fait l'objet de controverses intenses en Alsace – notamment en générant des séismes. L'Eurométropole a ainsi mis en place une commission, cherchant à apporter une réponse politique face aux causes et à définir les conditions pour permettre une politique de transition énergétique, et où la géothermie pourrait jouer un rôle. La commission a alors préconisé la mise en place de forums techniques, permettant d'intégrer une multitude d'acteurs différents, afin de pouvoir discuter des enjeux et apporter un cadre permettant de circonscrire les risques à des conditions jugées acceptables. Il y a ainsi une volonté d'institutionnaliser la verticalisation des territoires sous une forme de démocratie technique, où cette technologie est discutée sur la place publique et fait l'objet de débat. Au-delà de cette construction, on voit également s'esquisser la mise en place d'un commun énergétique territorial, où il est proposé qu'une ressource soit gérée de manière collective – ici sous l'égide de la collectivité, de scientifiques et d'un contrôle « citoyen », même si les modalités de mise en application restent floues (associations, citoyens tirés au sort, etc. ?).

1.2. Quel usage du sous-sol dans le cadre de la transition énergétique ?

Si la MIE a soulevé l'intérêt de la mise en place d'un forum technique, elle a été aussi l'occasion de questionner les choix énergétiques – contraints – de l'agglomération et son usage du sous-sol. En effet, la question de la transition énergétique – à travers la décarbonation de l'énergie – fait l'objet d'un consensus et cadre les débats, les modalités de mise en œuvre de cette transition sont discutées, notamment sur les choix des

énergies, à la lumière de différentes contraintes : la géothermie apparaît alors comme un « choix par défaut », arbitrant avec une multitude de contraintes.

L'Eurométropole de Strasbourg avait publié en 2018 son Plan climat, visant une neutralité carbone pour 2050, et une production d'énergies fondées sur les énergies renouvelables. L'objectif était, pour 2030, d'avoir la moitié de l'énergie produite localement, notamment en utilisant l'hydroélectricité (25 %), la biomasse et le solaire (20 % chacun), la chaleur fatale (12 %), la géothermie profonde (11 %) et les pompes à chaleur (9 %) (plan climat, p. 104). Les séismes ont remis en question, en partie, la légitimité de la géothermie. De ce fait, la question des choix énergétiques pour le territoire est discutée par les associations – membres de la MIE – et les élus :

« Puisqu'on n'a pas de vent ici, donc on ne peut pas mettre d'éoliennes. Donc on ne peut mettre que du photovoltaïque et l'autre grosse partie d'énergie renouvelable, c'est les centrales électriques sur le Rhin. [...] On produit un peu de méthane, parce qu'on a quelques unités de méthanisation, il y en a une à côté de chez nous, qui fait 3500 logements, elle fait l'équivalent de 3500 maisons individuelles chauffées au gaz. C'est bien, mais pour une communauté urbaine de 500 000, c'est de la rigolade. [...] [L'Eurométropole] essaye de développer la méthanisation, mais ça, c'est petite quantité en pourcentage. [...] Mais la biomasse, elle produit quand même pas mal de particules. [...] Et donc du coup du point de vue énergétique, énergie renouvelable, il en reste quoi ? Il reste que le solaire et la géothermie profonde. » (Strasbourg_Association2, représentant d'une association environnementaliste)

« Et ce qu'on va la produire localement, est-ce qu'on va miser sur l'éolien offshore à Dieppe, ou est-ce qu'on va continuer à miser, nous les écolos, sur le nucléaire. Vous voyez, et ça, je trouve que c'est vachement intéressant, c'est un vrai sujet, très concret d'évolution et de vision de l'avenir, qu'est-ce qu'on veut quoi ? Et quand j'entends qu'avec en plus, doublé par le débat sur l'acceptabilité des autres formes d'énergies, toutes les énergies renouvelables sont attaquées, sont discutées. Le photovoltaïque parce que les terres rares, la surface que ça prend. La biomasse parce qu'on crame du bois, qu'effectivement, pas très intelligent en première analyse de relâcher du carbone. La méthanisation parce que, passez-moi l'expression, mais ça pue, et ça fait des camions. La chaleur fatale, on ne sait pas, parce que c'est dépendant d'une industrie, donc si une industrie on est sur un projet de récupération de chaleur fatale des aciéries de Kehl, de l'autre côté du Rhin, en Allemagne, mais une aciérie dans 10-15 ans, *quid* ? Donc voilà » (Strasbourg_EMS, élu au sein de l'Eurométropole de Strasbourg)

Le choix des énergies renouvelables est, pour cette association et cet élu, une question d'adéquation de ressources et d'externalités négatives. Selon eux, la géothermie présente le meilleur compromis. Il faut néanmoins mettre en parallèle ces débats avec les débats nationaux sur les énergies, qui peuvent également être saisis localement. Par exemple, l'énergie éolienne fait l'objet de nombreux débats (Hamman 2022), notamment sur la question paysagère ou de nuisances. Cependant, l'élu pointe une dualité concernant le modèle énergétique, avec une tension entre un modèle fondé sur les énergies renouvelables, et l'autre sur le nucléaire. Cette question fait l'objet de débats importants au sein de son parti politique, Europe-Écologie-Les Verts, et est une question sensible localement : en effet, la centrale de Fessenheim se trouve à soixante-dix kilomètres au sud de Strasbourg et a été fermée en 2020. Cependant, cette opposition entre les énergies renouvelables et le nucléaire s'inscrit dans un contexte où le nucléaire a un poids historique dans la trajectoire énergétique de la France (Arnauld de Sartre, Missaghieh-Poncet, Desvallées 2022). Le chemin de dépendance de cette technologie conduit à un verrouillage technologique, rendant difficile l'émergence d'énergies renouvelables, et encore plus de modèles alternatifs. Autrement dit, le modèle énergétique choisi en France favorise une production centralisée par des centrales produisant une forte quantité d'énergie, contrairement au choix allemand, de l'autre côté du Rhin, de décentraliser l'énergie, à travers par exemple des coopératives citoyennes. La proximité géographique de Strasbourg avec l'Allemagne, ainsi que la coopération politique transfrontalière – des références à ce qui se faisait en Allemagne étaient récurrentes dans nos entretiens –, est ainsi à l'origine de l'émergence de ce type de débats localement.

La géothermie fait cependant l'objet de compromis fragile. Les séismes de Strasbourg ont ainsi permis une mise en débat de cette technologie, et notamment dans la mise en œuvre de cette dernière :

« C'est vraiment intéressant. Et j'avoue si on n'avait pas eu ces séismes, on ne se poserait pas ces questions. » (Strasbourg_EMS, élu au sein de l'Eurométropole de Strasbourg)

Les séismes ont ainsi permis un rappel de la matérialité de la production énergétique, s'inscrivant au sein d'un territoire, et dont l'exploitation a des conséquences sur ce dernier. De fait, la géothermie, avec ses séismes, a autorisé la question de débattre de la place du sous-sol sur son territoire, et des modalités de son exploitation :

« On a les séismes [rires] et donc c'est assez rigolo, parce que ces séismes industriels vont nous conduire à procéder autrement, à mettre tout à plat, à remettre les citoyens, les collectivités au cœur de la réflexion, et à nous méfier de la facilité des projets industriels et donc remettre en cause notre modèle, et peut-être à le revoir en disant que peut-être que les modèles plus micro, les modèles plus décentralisés, évidemment plus démocratiques, pouvaient, devaient peut-être inventer, pour que l'acceptabilité de la transition énergétique soit améliorée et soit meilleure. » (Strasbourg_EMS, élu au sein de l'Eurométropole de Strasbourg)

Les débats sur le modèle énergétique influencent de ce fait la question de la géothermie. Si, pour cet élu, le modèle centralisé suscite de la méfiance – celui de la France est fondé sur le nucléaire –, il propose alors un modèle « micro » et « décentralisé » à l'instar de ce qui peut être fait dans le modèle allemand, notamment dans le cadre de « coopératives citoyennes d'énergie », en particulier dans le domaine photovoltaïque ou éolien, et où les entreprises énergétiques sont détenues par des capitaux de particuliers. On est ici dans un cas de modèle socio-technique (Akrich 2013), où le fait social peut modifier la technologie. En effet, si, d'un point de vue juridique, les coopératives citoyennes d'énergie existent dans la législation française, avec le développement de telles entreprises, il n'existe pas d'exemples concernant la géothermie profonde. Un certain nombre de verrous, techniques et économiques, nécessiteront ainsi d'être levés. En effet, comme nous l'avons vu, la géothermie profonde – du moins celle conçue à Vendenheim ou Illkirch – requiert un investissement en capital important, de plusieurs dizaines de millions d'euros, et nécessite de forer suffisamment profondément pour pouvoir trouver une température satisfaisante afin de produire de l'électricité. La

décentralisation et l'échelle « micro » peuvent induire des forages moins profonds, et de ce fait, fournir une température moins élevée, n'impliquant pas de faire de l'électricité. Ainsi, la mise en place de modèles décentralisés et micros induirait de se tourner vers de la géothermie de moyenne ou faible profondeur, qui pourrait alimenter un réseau de chaleur, mais plus de produire de l'électricité.

En sus de ces débats sur les choix énergétiques, il y a eu de nombreuses oppositions plus « politiciennes » envers la municipalité. Cela s'est particulièrement traduit durant nos entretiens ou lors de notre analyse de la presse :

« Il y a une position dogmatique sur la géothermie profonde, qui avait déjà, dogmatique ou par intérêts de certains, parce que je ne comprends pas très bien [les élus de l'EMS] pourquoi ils se sont lancés à corps perdu dans ce truc-là, il y a peut-être d'autres intérêts, je n'en sais rien. Mais à l'heure actuelle [...], on a une municipalité verte, tout ce qu'ils décident depuis un an, c'est du dogme, il n'y a pas de réflexions profondes, de projets d'ensemble, bref, sur d'autres sujets quand je parle de projets d'ensemble. Et là-dessus, c'est un dogme, il faut supprimer le pétrole. Alors qu'est-ce qu'on a ? On n'a pas suffisamment de vent pour mettre des éoliennes [rires], on n'a pas tellement d'autres solutions. Bon, on a le solaire, enfin bon, ce n'est pas comme dans le sud, mais on pourrait plus de solaire. Donc, il faut faire de la géothermie profonde. » (Strasbourg_Association3, représentant d'une association de riverains)

Au sein d'un contexte politique particulier – l'élection d'une municipalité écologiste en 2020 – où la question de l'énergie est parfois mobilisée, en tant que prétexte, pour critiquer la politique municipale, qualifiée de « dogme » par les détracteurs, et dont l'expression est revenue à plusieurs reprises de la part des associations durant nos entretiens. De ce fait, au-delà des débats de fond sur la question énergétique, la question de la géothermie permet une coalition d'acteurs afin de critiquer la municipalité, faisant de cette question un élément de clivage politique.

Les énergies renouvelables font l'objet de débats, d'où ressort la question de l'adéquation des ressources du territoire au regard de ses besoins. S'il faut prendre en compte le poids historique du nucléaire, la géothermie présente cependant un compromis, certes fragile. Cependant, nous l'avons vu, cette dernière peut être source de séismes,

impliquant de devoir cadrer la mise en œuvre de cette technologie. La géothermie, et donc l'usage du sous-sol, se retrouve requestionnée dans le cadre de la transition énergétique. Une proposition serait alors de se tourner vers une forme de coopérative citoyenne d'énergie, mais induisant de modifier la technique de la géothermie, pour se tourner vers une production de chaleur, remettant en cause la production électrique à travers ce procédé.



Les séismes ont ainsi fait l'objet d'une controverse intense à Strasbourg. Une réponse politique a été la mise en place, sur une durée de six mois, d'une mission d'information et d'évaluation, afin de questionner le rôle de la géothermie sur le territoire strasbourgeois, et plus globalement, l'usage du sous-sol, et les conditions rendant acceptable l'usage de la géothermie. Il est ressorti une volonté de mise en débat de la géothermie, à travers la mise en place de forums hybrides, où la technique est interrogée sous le prisme d'enjeux sociaux, notamment démocratique, à travers des concertations permettant d'encadrer les controverses. Cette forme de démocratie technique a débouché à une modification de la perception du sous-sol, et où était affiché la volonté de contrôler les ressources du sous-sol sous forme d'un commun énergétique territorial, en associant collectivités, citoyens et scientifiques. Cependant, cette institutionnalisation du territoire vertical ne l'est que faiblement, du fait de sa nature provisoire.

Le modèle énergétique de l'Eurométropole est également questionné sous le prisme du sous-sol. En effet, si une forme de géothermie est remise en question, du fait des séismes, elle apparaît cependant comme une énergie pertinente, du fait des enjeux locaux. Une modalité de mise en œuvre de la technologie peut ainsi se faire à travers la mise en place de coopératives citoyennes d'énergie, remettant en cause un modèle de production en vigueur en France, fondé sur un modèle centralisé et nucléarisé, et pour

s’orienter, localement, vers un modèle plus décentralisé, à l’instar de ce qui est fait en Allemagne.

Cet exemple nous permet ainsi de voir, comment, à l’échelle locale, la question du sous-sol peut être traitée par les institutions. Si les approches s’orientent autour des questions des risques (séismes) et d’énergie, elle illustre la difficile prise en compte de ces thématiques, qui se matérialisent à travers des institutions éphémères.

2. Une capacité de pilotage difficile du sous-sol

Si l’expérience strasbourgeoise nous permet d’illustrer une prise en compte locale autour de l’institutionnalisation des territoires verticaux, elle n’est, par sa nature, que provisoire. Il est ainsi nécessaire de regarder la place du sous-sol à l’échelle des services de l’État, afin de comprendre son portage, à travers les différents jeux de pouvoir.

Un premier niveau est l’étude des tensions entre les échelons locaux et nationaux. En Suisse, du fait des compétences partagées entre les Cantons et la Confédération, il existe une tension entre les différents échelons, et où un projet soutenu à l’échelle nationale peut être compromis à l’échelle locale. En France, l’État a perdu sa capacité à contrôler le déploiement et l’utilisation du sous-sol. En effet, l’État joue le rôle d’arbitrage dans l’attribution des titres miniers. Cependant, le déploiement des projets obéit à de nombreuses contraintes – une concurrence entre les acteurs, le déploiement d’énergies renouvelables.

Un second niveau concerne le saisissement de la question du sous-sol par les services étatiques. Ainsi, en France, l’État a perdu sa capacité à contrôler le déploiement et l’utilisation du sous-sol. En effet, l’État joue le rôle d’arbitrage dans l’attribution des titres miniers. Cependant, le déploiement des projets obéit à de nombreuses contraintes – une concurrence entre les acteurs, le déploiement d’énergies renouvelables. La réorganisation des services de l’État, et notamment la DREAL, fait qu’il y a un déplacement

du tropisme d'un focus industriel à un focus environnemental, réduisant une certaine forme de contrôles, par certains aspects, de l'opérateur. La réorganisation des compétences de l'État a dilué la gouvernance du sous-sol, faisant oublier ses spécificités.

2.1. Gouverner le sous-sol : jeux d'échelles, entre local et national

2.1.1 *Le cas de la Suisse : une incongruité entre les échelles locales et nationales*

Le déploiement de la géothermie en Suisse fait l'objet d'une coordination multi-échelle. Si l'échelle fédérale impulse une dynamique – à travers la mise en place d'une stratégie énergétique poussant au développement des énergies renouvelables – elle joue aussi un rôle de financement des projets à travers les subventions. La responsabilité du sous-sol est déléguée à l'échelon cantonal, qui légifère quant à l'usage du sous-sol, et autorise ou non la mise en place des projets. Le cas de la centrale de Haute-Sorne est ainsi particulièrement éclairant des dynamiques mises en œuvre. En effet, si le projet est soutenu – notamment financièrement – à l'échelle fédérale, il fait l'objet de contestations locales, et pendant un temps, son avenir était suspendu à la décision du gouvernement local. Il y a ainsi une tension entre l'échelon national et l'échelon local, où le premier souhaite implanter le projet au nom de l'intérêt général (transition énergétique, validation d'une stratégie de déploiement de la géothermie), et où le second fait face à des controverses dans les sphères médiatiques, politiques et associatives, et pouvant ainsi remettre en question la stratégie fédérale.

Le projet de Haute-Sorne fait l'objet de subventions conséquentes, de plusieurs dizaines de millions d'euros. Il s'inscrit au sein de la stratégie de la Suisse de développer des énergies renouvelables. Ce projet est ainsi vu comme un projet clé pour le déploiement de la géothermie en Suisse :

« On a une subvention de 90 millions pour un projet, c'est aussi un des arguments qui disent voilà, c'est très cher, mais ce qu'il faut bien voir, comme vous venez de dire très justement, au-delà même du projet de Haute-Sorne, c'est une subvention pour le déploiement d'une technologie, pour la validation d'une technologie, qui nous permettra d'avoir une production électrique sur l'ensemble du territoire. [...] On a ici une stratégie d'enjeux fédéraux qui sont entre les mains d'une autorité cantonale. » (Suisse_OFEN, spécialiste énergies renouvelables à l'office fédéral de l'énergie)

« Ce qui a fait de notre côté, c'est de demander une augmentation de la subvention, de ce projet, pour justement avoir un soutien de la Confédération pour ses coûts [...] Entre-temps, le canton du Jura avait donc ce rapport du SED, entre les mains, et ils ont pris un certain temps [...] pour annoncer, voilà, qu'ils entamaient une procédure de révocation du permis de Haute-Sorne, en invoquant la raison que la population n'en voulait plus et que du coup, ils voulaient arrêter le projet [...]. C'est là où on en est aujourd'hui, on a un projet toujours vivant, mais qui est en décision du gouvernement et qui a le soutien de la Confédération notamment, qui a cette subvention de quatre-vingt-dix-millions, en résumé. » (Suisse_OFEN, spécialiste énergies renouvelables à l'office fédéral de l'énergie)

Le projet est porté à l'échelle nationale, s'inscrivant au sein d'une stratégie de transition énergétique, et bénéficie d'un soutien financier conséquent. Néanmoins le principe de subsidiarité qui régit l'organisation politique helvétique fait que les décisions relatives au sous-sol sont dévolues aux cantons :

« Les vingt-six cantons ont leurs propres politiques sur l'énergie par exemple, et vont tout mettre en œuvre pour atteindre les objectifs au niveau fédéral. » (Suisse_OFEN, spécialiste énergies renouvelables à l'office fédéral de l'énergie)

Or, comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents, le projet de Haute-Sorne a fait l'objet, localement, de débats intenses. En 2019-2022, au moment des entretiens, le projet était suspendu à une décision du gouvernement jurassien, qui autorisera en janvier 2022 la poursuite du projet. On est ainsi dans une situation où, de par la structure politique du pays – la Suisse étant un régime fédéral – une stratégie nationale est remise en cause par une autorité subsidiaire.

Cette situation peut montrer la difficulté que pose cette question. En effet, si l'opposition au projet de Haute-Sorne est justifiée par les acteurs, ce projet s'inscrit au sein de projets énergétiques votés par référendum par cette même « population » :

« Ce ne sera pas LA source principale de production d'électricité, mais ça sera une qui compte dans le mix énergétique de l'avenir. Et c'est aussi une stratégie énergétique qui a été votée par le peuple suisse en 2017, il a été aussi accepté avec ces objectifs-là de développement de technologie. Bien sûr, ouais, la réflexion d'un citoyen qui vote, elle est différente quand un projet se trouve à côté de chez lui de quand c'est pour une stratégie globale au niveau fédéral. Enfin, il y a quand même un soutien politique public pour la stratégie énergétique, donc pour la sortie du nucléaire et pour développer les énergies renouvelables en Suisse. »
(Suisse_Canton, responsable de l'énergie au sein du Canton du Jura)

On se retrouve dans une situation où, de manière contradictoire, une politique est approuvée par référendum – voir le chapitre 1 – et où sa mise en application est rejetée. Si cet acteur justifie cette situation par une posture « NIMBY » du citoyen, à travers le refus d'un chamboulement d'une réalité sociale (Flanquart 2020), nous pouvons interpréter différemment cet écart. En effet, loin d'illustrer un refus de faire passer un projet au nom de l'intérêt général – ici doublement légitimé par l'impératif de transition énergétique et du scrutin –, on peut voir ce refus comme une limite de la gouvernance du sous-sol, avec la difficulté de cerner et de définir les modalités qui la rendraient acceptable, de par l'absence d'instances spécifiques permettant de se rendre compte finement des différentes implications de ce type de technologie. Cependant, ce dernier point est néanmoins plus ou moins rectifié, à travers la mise en place, à la fin de l'année 2022, d'une commission regroupant différents acteurs (associations, élus, etc.) permettant de discuter et de cadrer de différents enjeux de la géothermie sur le territoire jurassien.

Si l'échelon fédéral a tant de difficultés à imposer le déploiement de ce projet, c'est que ses compétences se limitent aux aides indirectes au développement de cette filière :

« Il n'y a pas de soutien ciblé au développement de la filière de la géothermie. Enfin, pas directement au niveau des compétences. On ne développe pas de nouvelles compétences, on essaye de donner de la connaissance aux institutions en activité.[...] On a par exemple, avec l'association faitière Géothermie Suisse, l'association faitière nationale pour la géothermie, qui est financée par l'Office fédéral pour l'Énergie, un programme de retour d'expérience, d'échange d'expérience. Donc on a créé une plateforme, l'année dernière, où on a des discussions entre cantons, entre acteurs de l'industrie, entre l'industrie et les cantons, sur des thématiques précises, comment on peut partager des connaissances, partager les

idées et accélérer tous un tout petit peu. [...] Au niveau de la Confédération, ce qu'on fait, en plus, c'est qu'on pousse cette plateforme d'échange d'expérience, où on a toujours, très souvent, des directives techniques [...] donc là c'est des choses que l'on publie, on ne peut absolument pas forcer les cantons à appliquer ou même à le lire, mais c'est des choses qu'on met à disposition des cantons pour qu'ils puissent s'intéresser au sujet, à avoir une source d'information technique, on ne peut absolument pas forcer le canton à mettre en place telle ou telle procédure ou à suivre telle ou telle directive. Donc ça, c'est ce qu'on appelle des mesures de soutiens indirects à la géothermie, elles sont indirectes et complètement libres d'être appliquées ou pas. Pas très efficace, donc. » (Suisse_OFEN, spécialiste énergies renouvelables à l'office fédéral de l'énergie)

Si les cantons restent souverains dans le déploiement des projets, le rôle de l'OFEN se limite à la distribution de subventions, mais également à l'animation de filière – structuration des acteurs, publications de rapports techniques –, à l'instar de ce que peut faire l'ADEME en France. Le rôle de l'Office fédéral est tenu et fait ainsi office de support financier et technique. La véritable impulsion politique et la mise en œuvre des projets sont ainsi aux mains des cantons, bien que la politique générale de transition énergétique ait été décidée à l'échelle nationale. Néanmoins, l'échelon national n'a pas de réel pouvoir pour permettre la mise en place des projets, et reste soumis aux décisions cantonales. Ainsi, comme l'a résumé un acteur, le déploiement d'enjeux fédéraux dépend d'acteurs cantonaux, faute d'une organisation politique ascendante et d'absence de compétences de soutien direct de développement à la technologie. Ainsi, on peut expliquer la tension entre l'échelon local et l'échelon national par la structure politique du pays fondée sur la subsidiarité, et par la tension entre une politique nationale – justifiée au nom de l'intérêt général et d'un vote par référendum par l'ensemble de la population suisse – et une échelle cantonale – justifiée au nom d'une démocratie directe et locale.

Dans le chapitre 4, nous avons vu que l'organisation de la géothermie en Suisse était calquée sur l'organisation politique du pays, avec un échelon fédéral proposant de grandes lignes pour conduire la transition énergétique, ainsi qu'un rôle d'animation de filière, tandis que les cantons vont avoir un fort pouvoir de décisions concernant la

mise en place de cette politique, mais également des usages du sous-sol. Cette situation, nous l'avons vu, génère une tension, où l'échelon local va refuser un projet, alors qu'il y a un enjeu, à l'échelle nationale, de développer cette filière, et où ce projet joue un rôle important. Autrement dit, l'échelon local peut remettre en cause une stratégie nationale, à travers une décision du parlement cantonal qui peut remettre en cause celle d'un référendum fédéral : nous sommes dans une situation paradoxale où, démocratiquement, le local peut décider de défaire une décision nationale. Contrairement à l'intuition initiale, qui a guidé nos recherches, le modèle fédéral et décentralisé helvète, à travers ces différents outils démocratiques, ne permet pas d'éviter les conflits, comme en témoignent ces tensions pluri-scalaires sur le déploiement de la géothermie. Au contraire, le modèle fédéral révèle des tensions entre les échelons, bloquant la mise en place de projets, et nécessitant des négociations importantes entre acteurs, qui doivent trouver des compromis, comme l'illustre la mise en place d'une commission localement. Cependant, cette situation n'est pas propre à la question du sous-sol, et s'inscrit au sein de logiques plus larges d'organisation politique.

2.1.2 Le cas de la France : la gouvernance du sous-sol, sous le prisme d'une tension entre l'échelle locale et l'échelle nationale

À l'échelle nationale, le contrôle du sous-sol en France se fait par le bureau des ressources énergétiques du sous-sol, un service de la direction générale de l'énergie et du climat, dépendant du ministère de la Transition écologique :

« L'État [...] s'assure de disposer, de mettre en place le cadre réglementaire qui va permettre le bon déroulement des activités sur le terrain, dans le respect et de la sécurité des installations et des gens [...]. Il s'assure aussi [...] qu'il ait une bonne concurrence entre les acteurs. C'est-à-dire que l'on se trouve dans une situation où ce soit, où l'État puisse, où en fait il est possible d'installer le meilleur acteur au meilleur endroit. [...] Il faut que cette concurrence puisse se jouer de manière loyale, d'abord, pour l'ensemble des acteurs qui font des investissements importants. Ça c'est très important, d'organiser une concurrence loyale entre les acteurs : mais il faut aussi que l'État joue un peu son rôle qui est de s'assurer qu'on a le meilleur acteur au meilleur endroit, pour pouvoir justement valoriser ses ressources dans l'intérêt du collectif. [...] Il a un rôle évidemment de suivi, ça, c'est

tout le rôle de nos collègues en direction régionale qui vont donner des autorisations. Donc il y a le ministre qui donne des titres, qui donne des droits d'accès au sous-sol, parce que le propriétaire du sol, c'est le propriétaire du sous-sol, donc il faut pouvoir déroger à cette propriété du sous-sol pour pouvoir autoriser des personnes à venir dans le sous-sol, donc propriétaire du sol. Donc ça, c'est le droit minier qui permet de déroger, ça, c'est le ministre qui donne ce droit-là. [...] Vous avez aussi un suivi qui fait par le BRESS donc par le bureau des ressources énergétiques du sous-sol, qui est du bon déroulement de cette activité dans l'intérêt, enfin dans l'objectif de la PPE [programmation pluriannuelle de l'énergie] et de son développement, donc le développement de la filière, le suivi de cette filière, et son bon déroulement si vous voulez. Donc le BRESS s'assure à la fois [...] pour le compte du ministre qui a octroyé du domaine minier, mais aussi pour s'assurer que la filière se développe correctement et conformément aux orientations qui sont fixées par la PPE [...]. Pour le moment l'État est très très présent à différents niveaux. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

Si l'État est propriétaire du sous-sol, ce dernier donne des autorisations d'exploitation à des entreprises, à travers les titres miniers. Au sein de ce *verbatim*, il transparait un rôle d'État organisateur et de régulation du marché – et joue le rôle d'« État régulateur » (Billows, Viallet-Thévenin 2016). Par l'intermédiaire du BRESS, il va réguler une ressource rare – l'accès au sous-sol n'étant pas infinie. À travers ce rôle de régulation de l'usage du sous-sol, plutôt que son exploitation directe, à travers par exemple d'une compagnie nationale des mines, l'État cherche à répondre aux objectifs de ses politiques publiques, de la transition énergétique, à travers la mise en œuvre de son plan de programmation pluriannuelle de l'énergie. Ce mode d'organisation, vertical, centralisé et descendant – la délivrance des titres se faisant par le ministère – fait que les politiques du sous-sol dépendent d'un pouvoir régalien.

Toutefois, si l'autorisation des projets miniers – incluant la géothermie – est soumise à une autorisation ministérielle, qui autorise ou non tel type d'activité sur tel périmètre, d'autres acteurs vont également agir dans le déploiement de ces projets. Nous l'avons vu précédemment, l'ADEME joue un rôle important dans le financement des projets de géothermie, notamment dans le cadre du fonds chaleur.

Cependant, même si la décision d'octroi reste une compétence étatique, elle rentre en concurrence avec d'autres acteurs :

« Mais c'est toute la difficulté de ces activités, comme la géothermie, qui sont inscrites dans les plans de développement des territoires. Parce que du coup, les politiques peuvent avoir un rôle positif ou négatif, sur le bon développement de ces activités. Quand c'était le ministre chargé des mines qui était chargé de la politique du sous-sol, je dirais que cet enjeu local ne pouvait pas trouver à s'exprimer. Là, effectivement, on pouvait avoir un rôle un peu particulier où la collectivité va être juge et partie, si la collectivité a décidé que la géothermie faisait partie de son projet de développement pour la transition énergétique, elle peut être très favorable. [...] Et si elle est défavorable à ça, elle peut effectivement du coup jouer un rôle très négatif sur le bon déroulement des opérations. Alors dans le droit minier, elle ne peut pas interférer dans les procédures, elle n'a pas la possibilité, elle peut le faire éventuellement en mobilisant d'autres acteurs, qui interviennent pour son compte. Mais elle n'interfère pas, elle ne prend pas les décisions, elles ne contribuent pas aux décisions pour les titres et les travaux. C'est le ministre et les préfets. En revanche, elle peut avoir, excusez-moi, mais un pouvoir de nuisance évidemment, en mobilisant d'autres acteurs, des gens qui vont s'opposer aux projets. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

Néanmoins, cet acteur pointe les jeux de pouvoir entre les différentes structures, notamment dans le cas où les collectivités territoriales vont mettre en place une politique de transition énergétique, à travers, par exemple, les plans climat. Cette tension entre les collectivités territoriales et le pouvoir régalien (préfectures, ministères) peut être interprétée sous le prisme de la décentralisation des pouvoirs publics, où un certain nombre de compétences sont données aux collectivités. Les différentes collectivités vont ainsi mettre en place des politiques de transition énergétique. Par exemple, à Strasbourg, comme nous l'avons vu, cela s'est manifesté à travers la mobilisation de la géothermie pour des réseaux de chaleur. Dans le chapitre 5, nous avons vu que la région Nouvelle-Aquitaine souhaitait mobiliser les anciens puits pétroliers pour les convertir en réseau de chaleur. À Pau, le projet de géothermie, bien qu'étant financé entièrement par une entreprise privée, a reçu un soutien politique de la part du maire. De ce fait, si d'un point de vue formel, l'usage du sous-sol est une compétence régaliennne – le ministère octroyant le titre, et la préfecture ayant une compétence de

contrôle à travers sa mission de police des mines –, les politiques de transition énergétique des collectivités peuvent interférer dans l'usage du sous-sol. Nous sommes ainsi dans une situation miroir à celle de la Suisse, où des politiques publiques mobilisant le sous-sol peuvent être impulsées par l'échelon local, mais dont les décisions concernant l'usage du sous-sol, et donc de la mise en place des projets, sont tranchées par l'échelon national.

Lorsque l'on regarde l'organisation de la gestion du sous-sol, et notamment le jeu d'acteurs entre les différentes échelles, nous voyons des tensions scalaires. Dans le cas la Suisse, la compétence du sous-sol étant dévolue aux Cantons, ils en ont la gestion, en définissant son usage, permettant une remise en cause des grandes dynamiques définie à l'échelle fédérale. Cependant, cette situation dépasse la simple place du sous-sol, et s'inscrit au sein de logiques institutionnelles plus larges, celles de la répartition des pouvoirs au sein d'un régime fédéral. Au contraire, la gestion du sous-sol en France est dévolue au sein de l'administration centrale, et où ce contrôle peut compromettre les politiques énergétiques locales. Ces tensions illustrent la difficulté pour les deux pays à articuler, entre différentes échelles, la construction de territoires verticaux.

Si la question de l'articulation entre différentes échelles de la thématique du sous-sol présente certaines frictions, cette thématique est également traitée – du moins difficilement – au sein de l'administration centrale.

2.2. « *Le sous-sol, ce n'est pas la priorité* » : Une réorganisation de l'État français ayant fait perdre des compétences sous-sol ?

À l'échelon local, la préfecture gère la question des mines et de l'usage du sous-sol, et plus globalement, agit comme service déconcentré des ministères à travers les directions régionales :

« Et c'est en général la direction régionale, sous l'autorité du préfet, donc c'est la DREAL ou ce qu'on appelait la DRIRE [...], qui est chargée vraiment de la police des mines, qui est aujourd'hui principalement une police en charge de la protec-

tion de l'environnement et de la prise en compte des risques. On est plutôt sur des risques, alors qu'avant, avec les DRIRE, on était sur une prise en compte plus globale de l'activité du sous-sol, avec les aspects économiques, techniques, risques, environnements. Ça c'est complètement globalisé, la DRIRE était aussi intéressée par le développement économique, que par la bonne prise en compte des risques, et le bon déroulement des travaux. Aujourd'hui, on est dans une direction régionale, qui est surtout axée sur la mitigation des risques et sur la protection de l'environnement. [...] Donc ça c'est la réorganisation de l'État de ces dernières années, enfin des compétences en région qui a conduit à cette séparation » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

La DRIRE (Direction régionale industrie de la recherche et de l'environnement) était un service déconcentré du ministère de l'Écologie, assurant également des missions du ministère de l'Économie et des Finances. Dans le cadre de la révision générale des politiques publiques (RGPP), cette direction a été fusionnée en 2009¹⁰⁴ avec d'autres services pour former la DREAL (Direction régionale à l'environnement, de l'aménagement et du logement). La fusion impliquait ainsi une cotutelle entre les ministères de l'Écologie et celui de l'Aménagement des territoires, ministères fusionnés depuis. Ce changement de ministère, notamment en quittant celui de l'économie et des finances, modifie les orientations de la direction régionale :

« Ça change que la DREAL va avoir un tropisme, protection de l'environnement, et prise en compte des risques, et n'évalue pas la balance si je prends ça en priorité, alors qu'il y a un enjeu économique, elle ne le prendra pas en considération. Donc elle peut faire fermer un puits par exemple, qui produit des hydrocarbures, au motif qu'elle estime qu'il y a des risques, sans évaluer l'enjeu économique de cette perte du puits. Donc ça, c'est des changements d'organisation. [...] Donc ça, pour donner une image des acteurs qui sont un peu parties prenantes malgré tout dans le projet. Souvent par exemple, avec des permis miniers comme les hydrocarbures, le seul financeur c'est l'opérateur, c'est la société qui a le titre. Là, on a un titre dans lequel les pouvoirs publics, quelque part à travers des entités, financent une partie de la recherche. Donc ça c'est important, parce que du coup, il a aussi intérêt que le projet se déroule. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

104 Décret n° 2009-235 du 27 février 2009 relatif à l'organisation et aux missions des directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement. Dans: *Journal officiel de la République Française* [en ligne]. [Consulté le 10 janvier 2023]. Disponible à l'adresse: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000020318222>

Cet acteur regrette la perte de compétence économique de la DREAL, qui a un prisme uniquement environnemental.

En effet, la création de la DREAL était motivée par la volonté de « *mettre en place une véritable administration du développement durable* » (Le Bourhis, Martinais 2014), avec la vision, à l'époque, d'articuler les piliers sociaux, économiques et environnement du développement durable. Jean-Pierre Le Bourhis et Emmanuel Martinais montrent cependant que la mise en place de cette administration a fait l'objet de nombreux choix, débats et compromis : en effet, la volonté initiale du gouvernement était de mettre en place une direction régionale unique, afin de soutenir l'action du nouveau ministère, créée en 2007, « *de l'écologie et du développement durable* ». Il s'agit alors de trouver un équilibre entre les anciennes directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE), de l'environnement (DIREN) et de l'équipement (DRE). Une grande liberté organisationnelle a été ainsi été laissée à la nouvelle direction régionale dans sa restructuration des services. Cette restructuration se fait également dans le contexte de la mise en place du Grenelle de l'Environnement et sa mise en œuvre législative. De ce fait, les différentes DREAL vont s'organiser différemment selon les régions, certaines directions cherchant à adopter une approche transversale, tandis que d'autres conservent les découpages pré-existants. Pierre Le Bourhis et Emmanuel Martinais ont ainsi analysé les différents organigrammes, et ont pu observer des fusions entre les différents services de gestion des risques, pour gérer tant les risques industriels (héritage de la DRIRE) que naturelle (héritage de la DIREN). Ce travail de restructuration a ainsi comme enjeu de s'assurer une continuité de service tout en permettant une transversalité entre les différents services (Lascoumes et al. 2014). De plus, si le profil des cadres de la DREAL montre qu'ils viennent de différents Corps (Mines, Ponts Eaux et Forêts), il y a une disparition progressive des ingénieurs du Corps des mines, due à l'absence de candidats (Lascoumes et al. 2014), modifiant de fait les orientations de ce type de structures.

Les restructurations de l'État, notamment à travers la fusion de ses services déconcentrés, ont modifié l'organisation et le profil des acteurs en son sein. Ainsi, il y a la nécessité, pour les directeurs de la DREAL, de créer une « culture commune » entre différents acteurs venant de différents métiers (Lascoumes et al. 2014). L'enjeu est alors de ménager des conceptions de l'aménagement parfois antagonistes. Pierre Lascoumes prend par exemple l'exemple de la DIREN qui va avoir une approche environnementaliste, parfois en résistance avec la position aménagiste des services héritiers de l'industrie ou de l'équipement.

Cette modification de l'organisation interne de la structure, mais également son orientation vers un tropisme plus environnemental – où d'un aspect purement industriel, il a été pris en compte d'autres volets du développement durable – peut ainsi expliquer cette situation où certains aspects de la gestion des risques peuvent ne pas être traités, du fait de la diversité d'acteurs venant d'horizons différents qui travaillent dans ces services.

De par cet héritage de la DRIRE, la DREAL possède une compétence dans l'évaluation des projets miniers, notamment pour permettre de contrôler l'opérateur, afin d'éviter les risques industriels. Les projets sont ainsi évalués annuellement, à travers un « regard expert », par un agent de la DREAL, afin de réduire les risques. Cependant, selon cet acteur, ce travail de garde-fou se réduit, du fait de la perte de ce « regard » :

« Normalement [...], l'opérateur est tenu de présenter son programme de travaux tous les ans, en disant voilà ce que je vais faire, voilà comment je vais faire et tout ça. Et que là, que ce soit au niveau de la direction régionale comme de l'administration centrale, on doit critiquer le projet [...]. Il faut vraiment qu'il y ait cette capacité à vérifier, parce qu'on est quand même des partenaires. Je veux dire, le ministre a donné le titre, l'opérateur fait la recherche de substance, de ressources, pour le compte du collectif, au nom de l'État. Donc l'État a trop eu tendance à considérer ces dernières années [l'activité minière] comme une activité industrielle comme les autres. Alors que c'est une activité dans laquelle l'État est partie prenante, parce que c'est lui, l'État ne fait plus l'évaluation de ses propres ressources, il le confie à des sociétés. Mais pour autant, il partage le risque, parce que c'est lui qui choisit l'acteur, c'est lui qui valide la capacité technique et financière de la société, c'est lui qui valide le programme de travaux, et c'est lui qui

vient à la rescousse si la société est défaillante. Donc l'État, il est pieds et poings liés. Et je trouve que ces dernières années on a eu tendance à considérer cette activité comme une activité industrielle comme les autres, et à baisser l'intensité de notre regard expert, perdu un peu aussi ce regard expert, mais sur ce qu'il faisait. [...]

Ce qui peut arranger l'opérateur [...]. D'un autre côté, les opérateurs que je connaissais depuis longtemps étaient contents qu'il y eût ce regard extérieur, parce qu'ils peuvent avoir une hiérarchie, un acteur, une maison-mère qui est ailleurs, qui dit « il faut que vous soyez plus rentable en France, il faut produire plus sur les gisements, etc. ». Et puis ils disent « [...] mais l'administration, elle n'est pas d'accord ». [...] Mais ce contre-pouvoir il peut être très utile, pour assurer, ce qui avait été un peu le cas en France jusqu'à présent, une exploitation raisonnée, un fonctionnement raisonné dans le sous-sol. Je ne dis pas qu'il n'y a pas eu des bêtises de faites, mais [...] il y a eu suffisamment de rapports de forces équilibrés, pour permettre que l'activité se déroule sans qu'il y ait de dommages majeurs. Il y a eu des petits incidents, mais vraiment rien de grave. » (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

L'acteur interrogé éclaire ainsi sur les rapports de forces existant dans le contrôle étatique de l'usage du sous-sol. En effet, une fois le titre délivré, l'État – à travers les services de la DREAL ou ministériels – va examiner les travaux. Néanmoins, l'acteur déplore que cet exercice ne soit plus aussi suivi, considérant le sous-sol comme une industrie comme une autre. Si nous n'avons pas de réponses quant à ces changements – nécessitant une étude *in situ* au sein de la DREAL –, nous pouvons faire quelques hypothèses quant à ces changements.

Nous avons vu, la DREAL a mené une restructuration importante dans les services et les expertises. De ce fait, une hypothèse que nous pouvons faire, est que les ingénieurs des mines ont un poids moins prépondérant dans l'évaluation des projets, expliquant qu'une focale plus « industrie » que « sous-sol » soit adoptée dans l'évaluation des projets. Cette hypothèse reste cependant à modérer. En effet, dans le chapitre 2 de l'ouvrage de Pierre Lascoumes (Lascoumes et al. 2014), il était expliqué que, lors de la constitution du ministère du Développement durable, le corps des mines avait réussi à obtenir la tête de plusieurs directions, notamment la Direction générale de l'énergie et du climat, où se trouve le bureau des ressources énergétiques du sous-sol, s'occupant des questions de titres miniers, comme nous l'avons vu précédemment. On peut donc

ainsi émettre l'hypothèse que le profil reste – dans ce service – orienté sur la question du sous-sol.

Cependant, cette tendance de « manque de surveillance » pourrait s'accroître avec un projet de décret¹⁰⁵ qui modifierait les travaux soumis à une évaluation environnementale systématique. Avec ce projet, l'ouverture de travaux de recherche ou d'exploitation de gîtes de géothermie serait traitée au cas par cas. De ce fait, ce travail de contrôle des projets, et où l'industriel serait confronté à un travail de justification, se retrouverait encore plus amoindri, diminuant d'autant plus le contrôle de l'État sur l'usage du sous-sol.

Nous avons vu que la réorganisation des services de l'État a donné le sentiment d'une perte de compétences en la matière. Néanmoins, un autre élément serait de se dire que le sous-sol n'est plus dans les priorités de l'État :

« En fait ce n'est pas la priorité. Le sous-sol, ce n'est pas la priorité. Je pense qu'on est dans une cacophonie, pas volontaire, mais c'est chacun fait ce qu'il peut, là où il peut, avec ce qu'il comprend du sujet. Et comme on a désorganisé... [...] comme on a désorganisé un peu cette expertise de l'État, et qu'on ne l'a pas réorganisé... on l'a désorganisé pour organiser différemment. Dont acte. Mais on ne l'a pas réorganisé du point de vue du sous-sol. Si bien qu'il y a beaucoup d'incohérences en fait. Et je ne pense pas que ça soit volontaire. C'est simplement que chacun fait du mieux là où il est. Mais ce n'est pas forcément cohérent et il y a... donc y'a personne qui organise, il n'y a personne qui organise la cohérence. Et donc oui, je ne pense pas qu'il y a une volonté. Mais je ne suis pas au cœur des sujets, mais je ne pense pas qu'il y ait de volonté. [...]

En effet, on peut déléguer un certain nombre de compétences, on peut séparer un certain nombre de compétences, mais pour autant, ce n'est pas qu'on sépare qu'il ne faut pas conserver une entité qui s'assure de la bonne gouvernance, qui s'assure que tout ça reste cohérent. Parce que sinon, pour l'acteur de terrain, ça devient illisible, et pour les parties prenantes encore plus. Et c'est ça que j'espère, qu'on est en train de reconstruire. [...]

¹⁰⁵ MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES. Projet de décret portant diverses modifications du régime d'évaluation environnementale de certains travaux et forages miniers prévu à l'article R.122-2 du Code de l'environnement. Dans : [vie-publique.fr](https://www.vie-publique.fr) [en ligne]. 8 novembre 2022. [Consulté le 10 janvier 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.vie-publique.fr/consultations/287059-projet-de-decret-evaluation-environnementale-travaux-et-forages-miniers>

Il faudra s'assurer qu'à travers cette réforme [du Code minier], on remet bien de la cohérence où on a introduit du désordre en fait. Voilà. Bah oui, j'avais noté aussi qu'il y avait un commissaire enquêteur, sur le permis de la Sioule, qui dit que les travaux sont incompatibles avec le Code de l'urbanisme. Le Code de l'urbanisme, il n'interfère pas sur les sujets miniers. Voilà, il y a plein de petites anomalies qui apparaissent et qui sont de nature à rendre le sujet très confus. [silence] Pour moi, c'était des exemples d'anomalies qui entraînaient une confusion et qui ne favorisent pas un débat apaisé [rires]. [...] Quelque part ce n'est pas une priorité. On a dit que ce ne sera pas une priorité de toute façon. [...] Parce qu'on en a d'autres. Et parce qu'on a dit à l'État qu'il fallait s'occuper de ça, et que les moyens sont ce qu'ils sont, bah, on savait que ça risquait de partir en cacahouète.» (TFR_DGEC1, chargée de mission au ministère de la Transition écologique)

De manière plus globale, ce *verbatim* illustre les limites de la restructuration des services étatiques. En effet, pour cet acteur, la disparition de la DRIRE, composée en partie d'ingénieurs des mines, a fait disparaître des services spécifiquement dédiés à la question du sous-sol, engendrant, pour cette personne, un manque de lisibilité, avec un service dédié. Une conséquence est ainsi un manque de visibilité des questions du sous-sol, qui n'est pas forcément pris en compte dans les débats publics. Néanmoins, il est à noter que la procédure d'enquête publique n'est pas du ressort des services de la DREAL, mais d'un commissaire enquêteur indépendant. La confusion de la juridiction des sujets miniers – qui dépend du Code minier – avec le Code de l'urbanisme peut venir de l'analogie que pourrait faire le commissaire-enquêteur avec d'autres projets d'aménagement du territoire.

La transformation de l'État – notamment en 2009 avec la restructuration du ministère de l'Écologie et des directions régionales – a modifié les priorités des politiques publiques. Si l'enjeu était alors d'« écologiser » les politiques publiques, en fusionnant des services aux cultures différentes, cela a eu pour effet, tel que l'a bien analysé Pierre Lascoumes *et al* une modification des rapports de force entre les différents anciens services. Nous pouvons, à la lumière des descriptions faites par ces auteurs, voir ces réorganisations et ces transformations comme un élément explicatif du moindre suivi de certains projets géothermiques, expliquant les séismes qui en ont découlé. Ainsi, la question de la « priorité » de l'État vis-à-vis du sous-sol peut être mise en lumière – en

tout cas dans le domaine énergétique – face à d'autres énergies qui présentent une part plus importante dans le mix énergétique et dans les stratégies de transition (hydrogène, photovoltaïque, éolien). Nous pouvons cependant aller plus loin : la multiplication des acteurs au sein de ces services – avec des profils différents – ne génère non pas la prise du dessus d'un corps sur un autre, mais la mise en place d'un désordre général – la confusion entre les différents Codes peut illustrer ce phénomène – faisant oublier le sous-sol dans les priorités de l'État.

*
**

Le sous-sol se retrouve être, à différentes échelles, un élément notable et mobilisable dans le cadre de la transition énergétique. Ce chapitre a donc cherché à étudier la place du sous-sol dans les institutions publiques.

À l'échelle locale, à Strasbourg, la controverse autour des séismes induits a conduit à la mise en place d'une commission regroupant élus, associations et experts. Cette expérimentation, rendue possible grâce à la prise de conscience du sous-sol à travers les séismes, a cherché à institutionnaliser les territoires verticaux, en proposant un organe où le sous-sol est mis en débat. L'enjeu était alors de questionner la place de la géothermie sur le territoire, et de définir les conditions pour rendre la acceptable. Il est ressorti la nécessité d'améliorer les processus de concertations. Un enjeu alors était de permettre aux citoyens d'avoir une connaissance scientifique suffisante, afin de permettre un débat, préfigurant les prémises de forums hybrides. De plus, en définissant les conditions pour rendre la géothermie acceptable – en définissant son usage, les règles de gouvernance du projet et les acteurs concernés –, la géothermie préfigure également la mise en place d'un commun énergétique territorial. Au-delà de la question de la géothermie, il a été également questionné l'usage du sous-sol dans le cadre de la transition énergétique. En effet, si le Plan climat de 2018 avait donné à la géothermie une place importante au sein du mix énergétique produit localement (11 %), les

choix énergétiques sont rediscutés à l'aune des controverses suscitées par la géothermie. Cette dernière semble ainsi être le fruit de compromis entre des ressources présentes sur le territoire, et les externalités négatives jugés acceptables. Cependant, la volonté de construire une démocratie technique, et donc de la gouverner, fait émerger une volonté de construire des formes de coopératives énergétiques citoyennes, modifiant en ce sens le modèle sociotechnique de la géothermique, à travers la mise en place d'un modèle énergétique « décentralisé » et « micro » va à l'encontre du modèle historique tel que développé en France. Si cette expérimentation a permis une mise en lumière de la question du sous-sol à l'échelle de l'agglomération, elle a été cependant ponctuelle et éphémère, et ne laisse pas présager la prise en compte institutionnelle de cette thématique.

À l'échelle étatique, la question du pilotage présente de fait un certain nombre de difficultés. Une d'entre elle est la question de la coordination entre différentes échelles. Ainsi, l'exemple de la Suisse, montre les difficultés de développement de projets de géothermie, dans un pays fédéral et appliquant la subsidiarité. En effet, s'il existe une politique nationale encourageant la transition énergétique, et donc le déploiement de la géothermie, l'usage du sous-sol est dévolu à l'échelon local, le canton. On se retrouve ainsi dans une situation où une politique nationale et approuvée par référendum voit sa mise en application rejetée à l'échelle locale. De ce fait, la prise de décisions et le portage du projet sont décidés localement, l'échelon fédéral s'occupant d'un simple rôle d'animation de la filière. Contrairement à une intuition initiale qui a guidé nos recherches, le modèle fédéral ne permet pas de réduire les conflits, nécessitant de passer par le truchement de commissions de concertation localement. L'exemple de la France montre quant à lui la difficulté inverse dans la gouvernance du sous-sol. En effet, la question de l'attribution des titres miniers, et donc de l'usage du sous-sol, est laissée aux mains du ministère et des préfetures, où l'État, par l'intermédiaire du BRESS, régle l'accès à une ressource limitée. Cependant, il peut y avoir des luttes de pouvoirs

avec d'autres acteurs, notamment les collectivités territoriales, qui souhaitent mobiliser le sous-sol pour mener leurs politiques de transition énergétique. Ainsi, en miroir de la Suisse, l'échelon local qui souhaiterait faire des projets de géothermie peut potentiellement se retrouver par l'échelon national, décisionnaire. Il y a ainsi une difficulté, dans les deux pays, à articuler les différents niveaux de pouvoir autour de la question des territoires verticaux.

De plus, la refonte du ministère de l'Écologie – ainsi que ses directions régionales – a modifié les rapports de forces entre les différents services. Si une analyse classique peut expliquer une prédominance de l'approche environnementale sur l'approche industrielle et aménagiste, nous pouvons aller plus loin, en disant que ces restructurations ont mis en place un désordre, laissant de côté la question du sous-sol.

En étudiant différentes institutions, ce chapitre s'est attaché à regarder la place du sous-sol au sein d'institutions publiques, et donc l'institutionnalisation des territoires verticaux. Si l'expérience de Strasbourg illustre l'esquisse de différentes pistes pour repenser la concertation des projets, en faisant intervenir une diversité d'acteurs, elle est néanmoins que ponctuelle, ne permettant pas une pérennisation de ce processus d'institutionnalisation. L'étude de l'articulation pluri-scalaire en France et en Suisse nous montre qu'il n'existe pas d'organisation politique idéale, les deux conduisant aux mêmes difficultés d'articulation. Cela illustre la nécessité de prendre en compte, à différentes échelles, la question de la verticalisation des territoires. Finalement, les frictions au sein de l'administration française illustrent la nature plurithématique du sous-sol, englobant des aspects industriels, économiques, environnementaux et aménagistes. La restructuration des services, en apportant une forme de désordre, a conduit à une perte de priorisation de la question du sous-sol. Ces différents éléments nous montrent ainsi la faible, pour ne pas dire l'absence, d'institutionnalisation des territoires verticaux au sein des administrations.

CONCLUSION GÉNÉRALE

En regardant le déploiement d'une nouvelle technologie – ou plus exactement d'une technologie profondément modifiée, la géothermie profonde –, dans un contexte de transition énergétique, ce travail de recherche a progressivement déroulé vers l'analyse des modalités selon lesquelles un milieu, le « sous-sol », est entré dans les discussions sur la transition. Cela a été possible parce que nous avons dépassé une approche par l'acceptabilité sociale – insuffisante en elle-même – pour adopter une approche plus globale, en intégrant, en géographe, les dimensions techniques, sociales, spatiales et politiques de la technologie. La motivation, alors, était de voir comment les sociétés construisaient le « milieu sous-sol », comment les différentes dimensions de l'innovation technologique pouvaient expliquer les difficultés de déploiement et révéler le défaut de politisation de la transition énergétique, mais aussi comment la géothermie pouvait s'inscrire au sein de débats pour participer à la transition énergétique.

1. Le déploiement d'une technologie redéfinissant la relation avec le milieu « sous-sol »

Le choix de la géothermie nous a permis de mieux comprendre l'interface entre ce que l'on peut qualifier des milieux surfacique et souterrain. Si chaque dispositif de production énergétique s'inscrit dans un milieu, dépendant de conditions socio-économiques, il y a également une influence des conditions matérielles de production (Labussière, Nadaï 2015, p. 25). Dans le cas de la géothermie, cela se manifeste d'une part par la technique – notamment des conditions géologiques devant présenter des caractéristiques précises afin de pouvoir extraire des calories de manières satisfaisantes – mais cela est également conditionné à la surface par les débouchés de sa production. Cette technologie est ainsi particulièrement dépendante de son lieu d'implantation, avec une tension entre technique et espace, nous permettant ainsi de faire une géogra-

phie verticale – permettant de coupler les milieux de surface et souterrain, ainsi que leur mise en relation. De plus, le sous-sol est un milieu nécessitant le truchement de la technique, à travers la mobilisation d'appareillages complexes et coûteux pour l'appréhender. Les relations entre les sociétés – à la surface – et le sous-sol sont ainsi teintées d'une incertitude relativement importante ; les sociétés humaines vont alors chercher à « sécuriser les volumes », pour ainsi protéger la surface des conséquences des processus se déroulant dans les profondeurs. Malgré l'influence du milieu souterrain dans nos sociétés, il reste cependant un impensé – dont les débats sur le contrôle et la sécurisation est confiné à des arènes expertes. Pour étudier ce processus, nous avons alors choisi différents projets de géothermie, qui étaient soit orientés vers des besoins de la surface, soit orientés vers la présence d'une ressource souterraine, nous permettant de voir la diversité de cette relation.

L'étude mise en place dans cette thèse s'est inscrite dans une temporalité particulière, celle de la trajectoire sociotechnique de la géothermie. En effet, si elle s'est développée dans les années 1970 et 1980 comme réponse aux chocs pétroliers et a permis un développement dans le Bassin parisien pour alimenter des réseaux de chaleur, elle a également connu un regain d'intérêt au tournant des années 2010, où des projets de géothermie dite améliorée ont cherché à développer cette technologie sur des territoires où elle était jusque-là absente. Cette technologie a d'abord été couplée avec la production d'électricité, justifiant ce nouvel intérêt, avant que les subventions de cette dernière ne soient abandonnées. L'intérêt pour la géothermie se maintient cependant par la découverte de lithium dans les eaux thermales alsaciennes en 2019, qui a suscité un nouvel engouement pour cette technologie. La géothermie, dans notre contexte d'étude, s'inscrit ainsi dans celui d'une transition énergétique, et où elle est vue comme un atout par plusieurs acteurs, mais dont les registres de justification mutent durant la période d'étude (2019-2023). Elle s'insère au sein de débats pour cadrer la transition énergétique, où plusieurs récits entrent en concurrence, et où le récit tendant à s'impo-

ser – et qui a été à l'origine de cette thèse – est celui de l'acceptabilité sociale. Nous avons pour cela fondé notre travail en comparant l'évolution de la filière dans deux pays différents – la France et la Suisse – cherchant à comprendre comment ces récits se manifestaient au sein de contextes sociaux et politiques différents. Cependant, la mise en place de cette technologie sur de nouveaux territoires et de nouveaux contextes géologiques, à travers le développement de nouvelles techniques d'exploitation, génère un certain nombre de risques – dont la sismicité induite – qui vont être saisis par les politiques et citoyens qui vont chercher à sécuriser la surface, mais participe également à la prise de conscience de la dimension verticale de leur territoire. Cette thèse a cherché à comprendre l'émergence de ce territoire sous-terrain, et sa prise en charge par les différents acteurs, pour substituer au récit de l'acceptabilité sociale, intrinsèquement lié au régime de la promesse, un récit bien plus politique, celui de la place d'un milieu (le sous-sol) de la transition énergétique.

Face à ces enjeux, plusieurs hypothèses ont été formulées, afin de mieux comprendre les processus d'émergence du milieu du sous-sol. Une première hypothèse portait sur le fait que les conflits que l'on pouvait observer révélaient les contradictions internes dans le portage actuel de la transition énergétique, qui mobilise de manière conséquente l'innovation technologique. Bien que ces technologies aient fait l'objet de débats et de conflits, il en découlait alors que 1.1) l'acceptabilité sociale n'est pas opérante pour expliquer les difficultés actuelles – ne pouvant pas être réduit à cette simple question – mais pouvant être plutôt expliqué par 1.2) une technologie pas encore suffisamment stabilisée, 1.3) une méconnaissance du sous-sol et 1.4) une absence d'un modèle économique viable. Une seconde hypothèse a été celle de la construction de « territoires verticaux ». Cette expression, héritée de la *Political Geology*, renvoie à la construction du sous-sol comme élément territorial, comme étant une extension de la surface. Ainsi, il y a une relation entre les milieux « surface » et le milieu « souterrain », qui pouvaient se manifester à travers trois dimensions : 2.1) la dimension physique, à travers

les ressources et les risques ; 2.2) la dimension idéale, à travers la construction d'un élément identitaire ; 3.3) la dimension politique, avec des jeux de pouvoir pour le contrôle, l'institutionnalisation, et la compréhension du sous-sol.

2. Une extension de la géothermie et une (re)mobilisation du sous-sol dans un contexte de transition énergétique

La première partie de la thèse a apporté les éléments théoriques et méthodologiques nécessaires pour aborder cette question. Ainsi, le chapitre 1 nous a permis de poser quelques éléments contextuels, permettant de revenir sur la place du sous-sol et de la transition énergétique en France et en Suisse. La politique énergétique française est marquée par le poids prépondérant du nucléaire, qui répondait à un besoin de diversification énergétique face au choc pétrolier, avec une duale inégalité entre les énergies renouvelables d'un côté, et le nucléaire de l'autre. La Suisse, quant à elle, a mené une politique de sortie progressive du nucléaire, suite à l'accident de Fukushima en 2011. La place du sous-sol a ainsi évolué, passant d'un problème, en étant le lieu d'extraction des hydrocarbures et du charbon, responsables des gaz à effet de serre, à une forme de solution, à travers le développement de technologies telles que le stockage géologique de CO₂ ou de gaz, l'extraction de ressources minières ou la géothermie. Cependant, s'il existe une filière historique du sous-sol en France, impulsée entre autres par l'industrie pétrolière, la Suisse n'a pas connu de trajectoire sociotechnique du sous-sol : la géothermie est l'une des premières expérimentations en la matière. Bien que ces différentes politiques esquissent des promesses, elles ont du mal à se réaliser, notamment du fait de contestations locales. Ces différentes trajectoires ont permis ainsi de voir que la place du sous-sol, dans le cadre de la transition énergétique, reste un impensé important. Le chapitre 2 apportait un cadre d'analyse du sous-sol, en adoptant une approche sociotechnique. Ainsi, une partie de notre travail est inspirée de l'approche de

la *Political Geology*, considérant les enjeux de pouvoirs autour de la question de l'exploitation du sous-sol. Nous proposons notamment le concept de territoires verticaux, permettant d'intégrer les éléments d'analyses territoriales à la question du sous-sol. Cette approche nous a permis de mieux comprendre le sous-sol comme milieu socialement construit. L'étude des acteurs et de la technique s'est également inspirée des *sciences and technology studies*, en regardant notamment la construction sociotechnique des appareillages techniques. Cette approche nous a permis de mieux comprendre comment une technique est le fruit d'une construction sociale. Finalement, nous nous sommes intéressés à la question de la démocratie technique, permettant de mieux comprendre comment une technologie peut faire l'objet de débats. Il en résulte ainsi un cadre d'analyse autour de trois axes, la crédibilité de la solution (le portage technoéconomique), la légitimité territoriale (l'insertion d'une technologie à un contexte) et la gouvernance (les jeux d'acteurs autour du projet). Le chapitre 3 a été l'occasion d'exposer notre cadre méthodologique. Le choix a été celui de combiner plusieurs approches. La première approche, qualitative, a été l'occasion de se saisir de la parole d'acteurs, permettant de mieux comprendre le portage de cette technologie, et comment les acteurs ont pu se saisir de ces questions. La seconde approche, complémentaire, a été celle de la lexicométrie de la revue de presse, permettant de mieux comprendre la médiatisation des projets, et de comprendre, sur le temps long – dépassant celle de l'enquête qualitative – les trajectoires sociotechniques des projets de géothermie. Nous avons fait le choix de faire une comparaison d'études de cas, permettant de mieux comprendre la diversité des projets de géothermie.

La seconde partie de notre travail nous a permis de revenir sur les enjeux du développement de la géothermie en dehors de ses régions historiques. Le chapitre 4 proposait de retracer le développement historique de la géothermie. La technologie s'est développée en France, dans les années 1970-1980 au sein du Bassin parisien, où elle a trouvé une forme de maturité. Cela est moins le cas pour la « nouvelle géothermie », dévelop-

pée à partir des années 2010, et se fondant sur l'EGS. En effet, la géothermie est de fait une énergie territorialisée, dépendant des contextes géologiques et sociaux. Si la géothermie telle que pratiquée au sein de bassins sédimentaires a une maturité technologique, et un débouché en tant qu'alimentation des réseaux de chaleur, la géothermie EGS reste quant à elle peu stabilisée, la définition même de la technologie étant discutée par les acteurs de la filière. Le chapitre 5 a été l'occasion de présenter les différents terrains d'études. Ces différents projets obéissent soit à une stratégie « orientée surface », c'est-à-dire que les acteurs vont chercher à répondre à un besoin en surface, soit à une stratégie « orientée sous-sol », cherchant à exploiter une ressource, et à y développer un débouché. Cinq projets ont été ainsi étudiés, avec des spécificités économiques et techniques propres. Le chapitre 6 a cherché à répondre à l'hypothèse 1.1, cherchant à questionner la place de l'acceptabilité sociale dans l'échec des projets. L'étude de différents projets montre que certains projets ont été arrêtés malgré un soutien du monde technico-industriel, tandis que d'autres projets ayant fait l'objet de frictions importantes lors de l'enquête publique – à l'instar du projet de Port-au-Pétroles mise en œuvre à Vendenheim – ont pu être autorisés. Différents projets, à l'instar de la Haute-Sorne ou de Saint-Pierre-Roche, ont cherché à mettre en place des processus de concertation, en intégrant différentes parties prenantes. Si ces dispositifs peuvent être louables dans une optique de démocratie technique, nous pouvons néanmoins en voir certaines limites. La première est de réduire à une approche procédurale ou un « risque social », c'est-à-dire un refus du projet, qui serait réduit grâce aux processus consultatifs, de la même manière que l'on atténuerait un risque sismique par la mise en place d'un protocole adéquat, réduisant la controverse à un simple risque et non pas une mise en concurrence de récits. De plus, ces arènes de concertations présentent la limite de rendre légitime certains porte-paroles, excluant d'autres acteurs n'ayant pas défini de porte-paroles ou refusant de participer à ces instances. La question de la temporalité tardive de ces projets, après l'enquête publique, peut donner l'impression qu'il

n'est pas possible d'infléchir le développement des projets, ou sur des points mineurs. Le cas des séismes strasbourgeois questionne également la mise en débat de la technologie *a posteriori*, lorsque les processus de concertations n'ont pas permis de résoudre les points de frictions autour de ce projet, et qui ont rejaili lors des séismes. Une proposition que nous faisons, ainsi, est de considérer que la mise en place des projets modifie la réalité sociale des acteurs, cristallisant les rapports de forces autour des projets. Ainsi, nous proposons de voir l'acceptabilité comme une conséquence de ces modifications, et non pas l'origine du problème, induisant de regarder les questions de portages sociotechniques.

3. La géothermie, interface entre les milieux surfacique et souterrain

Prenant acte des limites d'une analyse uniquement par le prisme de l'acceptabilité sociale, nous analysons, dans une dernière partie, les conséquences, pour les territoires, du déploiement de cette technologie, ainsi que la prise de conscience du milieu souterrain. Le chapitre 7 questionne les modèles technico-économiques. En effet, une des difficultés que rencontre la géothermie tient à ce que l'incertitude du sous-sol nécessite l'utilisation d'appareillage technique coûteux afin de pouvoir l'appréhender, sans pouvoir garantir à l'opérateur de trouver une ressource permettant d'amortir l'investissement initial. Si le monde industriel a mis en place un système assurantiel pour couvrir le risque, l'extension vers d'autres territoires, nécessitant des ajustements technologiques, est rendue possible à travers des promesses sociotechniques. Ces promesses ont pour objectif, entre autres, de lever des crédits de recherches pour développer la technologie et la faire passer à un stade de pilote industriel. Au-delà de la dimension technique, la question du modèle économique est importante, où l'usage de la chaleur n'est pas forcément rentable face à d'autres formes d'énergies. Les industriels vont alors chercher à la coupler à d'autres formes de production, comme l'électricité qui né-

cessite un soutien étatique pour être compétitif face à d'autres modes de production électrique comme le nucléaire, ou le lithium, qui reste pour l'instant en phase de développement. Ainsi, la question du non-déploiement des projets peut également être expliquée d'une part par la difficulté à trouver des ressources souterraines, du fait de l'incertitude du sous-sol qui ne permet qu'une appréhension parcellaire de ce milieu, et qui n'est possible que par le truchement de la technique (hypothèse 1.3). La question du modèle technico-économique est également en cours de stabilisation en dehors des régions historiques de développement (hypothèses 1.2 et 1.4). Le chapitre 8 interroge quant à lui l'impact des séismes sur la construction des territoires verticaux (hypothèse 2). Les débats faisant suite aux séismes permettent de percevoir le sous-sol comme un milieu non pas inerte, mais comme un milieu ayant des dynamiques propres et ayant des conséquences à la surface, et donc rappelant la matérialité du sous-sol (hypothèse 2.1). Les débats permettent la résurgence d'un certain nombre de préoccupations : ainsi, une des inquiétudes en Alsace est la question d'une nappe phréatique, défendue comme un commun, et étant investie d'un intérêt patrimonial et idéal face à la menace de puits (hypothèse 2.2). Le sous-sol est ainsi perçu comme un enchevêtrement de strates interconnectées, et où les risques ne sont pas seulement entre la surface et le souterrain, mais également à l'intérieur du milieu sous-sol. Le milieu souterrain s'ancre dans les représentations des acteurs. Les séismes peuvent également révéler la problématique de la gestion et la surveillance du sous-sol par les pouvoirs publics. Finalement, le chapitre 9 s'est concentré sur la question de la politisation et l'institutionnalisation du sous-sol, en questionnant les jeux de pouvoir autour de celui-ci (hypothèse 2.3). À l'échelle locale, les séismes strasbourgeois ont permis l'émergence d'une commission. L'un des principaux éléments de conclusion était qu'il était nécessaire de mettre en place des forums hybrides afin de pouvoir questionner la place de la géothermie sur le territoire. En définissant les conditions pour rendre la géothermie acceptable – en définissant son usage, les règles de gouvernance du projet et les acteurs

concernés –, la géothermie préfigure également la mise en place d'un commun énergétique territorial. Néanmoins, il s'agit ici d'une institutionnalisation faible, car temporaire, limitée au temps de la commission. À l'échelle nationale, la Suisse et la France présentent des difficultés de développement des projets de géothermie. En Suisse, le modèle politique fédéral et appliquant la subsidiarité donne la compétence du sous-sol à l'échelle cantonale, tandis que l'échelon national s'occupe simplement de l'animation de la filière, et de poser un cadre général de la politique de transition énergétique. Cependant, on se retrouve dans une situation où une politique nationale – la Stratégie Énergétique 2050 – se retrouvait rejetée à l'échelle localement. En France, l'usage du sous-sol est au contraire régulé à l'échelle centralisée, au niveau des préfetures et du ministère, pouvant parfois remettre en question certaines politiques d'échelons subsidiaires. De fait, contrairement à une intuition initiale ayant guidé nos recherches, le modèle politique (fédéral ou centralisé) n'implique pas une meilleure acceptabilité des projets. Néanmoins, ces différents exemples montrent qu'il existe, dans les deux cas, une tension entre les échelles, illustrant la difficulté d'embrasser, à différents niveaux scalaires, cette question. De plus, la refonte du ministère de l'Écologie, en charge des mines, modifie les focales d'analyse des projets, et où le sous-sol se voit traité selon d'autres approches (environnement, aménagement du territoire), induisant une plus grande capacité de pilotage de ce dernier, du fait d'une cacophonie rendant plus difficile la lisibilité de ces thématiques. De fait, le sous-sol, par manque de coordination des différents acteurs, et par une désorganisation volontaire de l'État, relègue la question du sous-sol au second plan.

4. Une construction incomplète des territoires verticaux

Le fil rouge de notre thèse portait sur la verticalisation des territoires, c'est-à-dire sur la prise en compte du sous-sol comme une extension des territoires de surface. Est-elle existante et dans quelle mesure ?

La géothermie, en tant que technologie s'inscrivant dans un mix énergétique dans un contexte de transition, a permis de redéfinir – entre autres – les usages du sous-sol : de sources de problèmes – avec les hydrocarbures – le sous-sol est alors vu comme une solution possible de lutte contre le changement climatique, permettant de réintégrer ce milieu dans l'univers mental des sociétés. De manière plus concrète, à l'échelle des territoires, la géothermie a permis un réinvestissement de la question du sous-sol, notamment dans le domaine des représentations : le sous-sol peut être vu comme un patrimoine industriel, comme le montre l'exploitation pétrolière à Parentis ; comme un milieu dont il faut défendre des ressources communes, pensons à l'exemple de la nappe phréatique en Alsace ; comme la promesse de ressources permettant de développer une filière – comme à Pau ou à Saint-Pierre-Roche pour la géothermie, ou le lithium en Alsace. Cette prise de conscience s'est également manifestée à travers des épisodes sismiques, rappelant que les dynamiques au sein du milieu « sous-sol » pouvaient avoir des conséquences à la surface.

Si le sous-sol s'est « re-territorialisé », à travers son saisissement par les acteurs du territoire, elle l'est de manière incomplète. En effet, comme nous l'avons pu montrer dans cette thèse, l'institutionnalisation du sous-sol est fragile. En effet, s'il existe des tentatives d'institutionnalisation du sous-sol, elle se manifeste à l'échelle du projet, soit lors de phases de concertations entre différentes parties prenantes (Saint-Pierre-Roche, Haute-Sorne), soit lors de controverses (Strasbourg), et ne fait donc pas l'objet de pérennisation. Les administrations vont avoir une certaine difficulté dans la coordina-

tion pluri-scalaire pour traiter la question du sous-sol. Comme nous l'avons vu, malgré des organisations politiques différentes, les difficultés sont similaires en France et en Suisse, où la question sera traitée à une échelle et non une autre, réduisant les possibilités de coordination et l'articulation avec d'autres politiques, qu'elles soient énergétiques, d'aménagement, etc. De plus, l'organisation administrative – à travers l'exemple de la DREAL – laisse une place réduite au sous-sol, noyée au sein d'une cacophonie de thématiques différentes à travers laquelle doivent arbitrer les acteurs.

Le processus de verticalisation est ainsi existant, mais inachevé. S'il existe une prise en compte de l'existence de ce milieu, il est conscientisé et intégré dans les représentations. Néanmoins, faute d'une prise en compte globale par les administrations, à différentes échelles, le sous-sol est ainsi que partiellement incorporé au sein des territoires.

5. Limites et perspectives

Ces différents apprentissages nous ont permis de mieux comprendre quelques grandes tendances sur le saisissement du milieu souterrain par les sociétés humaines. Néanmoins, il est nécessaire de pointer certaines limites de cette recherche. Les projets étudiés sont en effet dans des contextes géologiques contraints, et dont le développement dans des zones volcaniques permettrait de voir un déroulement sociotechnique différent. De plus, l'absence d'entretiens avec certains acteurs – soit par manque de temps de leur part, ou un refus de communiquer avec nous – nous empêche d'avoir une vue d'ensemble et complète de ces processus sociotechniques autour de ces projets.

Cependant, de nouvelles perspectives de recherche s'ouvrent à nous. En effet, les projets étudiés s'inscrivaient dans une époque particulière, les années 2010. La technologie, si elle présentait un certain intérêt, elle n'avait cependant connu qu'un engouement limité, pouvant expliquer un développement difficile, au-delà des questions de modèles techno-économiques et d'acceptabilité. Cependant, plusieurs éléments ont re-

battu les cartes, et peuvent, de fait, modifier les enjeux autour de cette technologie. La guerre russo-ukrainienne, qui a connu un tournant en 2021, a modifié le marché de l'énergie, notamment concernant l'approvisionnement en gaz et de l'électricité, qui ont connu une hausse des prix. Si la géothermie électrogène a été abandonnée pour des raisons économiques – du fait d'un coût de production jugé trop élevé par rapport à d'autres énergies –, peut-être que dans un contexte où le coût énergétique est plus important, la géothermie peut présenter à nouveau un intérêt dans des territoires où elle n'est pas historiquement implantée, tant pour une production de chaleur que d'électricité. La refonte de la programmation pluriannuelle de l'énergie, en 2023, sera ainsi intéressante à regarder, déterminant la place laissée à la géothermie par les pouvoirs publics. De plus, le paysage industriel change : Fonroche, qui a fait l'objet de deux cas d'études, est racheté¹⁰⁶ début 2023 par l'un de ses concurrents, Arverne (la maison mère de Lithium de France), permettant ainsi une concentration des PER. Arverne a un discours de la promesse, celle de préparer l'« après-pétrole », à travers la production de chaleur et de lithium : cette acquisition, qui peut paraître anodine, illustre les changements de stratégies concernant la géothermie. La question du lithium redonne également l'intérêt pour la technologie. En effet, dans un contexte politique où de nombreux acteurs cherchent à promouvoir une « souveraineté industrielle », en cherchant à s'affranchir de dépendances externes, cela peut modifier le développement de la filière. Par exemple, en juin 2022, le constructeur automobile Stellantis (Citroën, Peugeot, Fiat...) et Renault avaient passé un partenariat avec Vulcan, pour extraire du lithium à partir de fluides géothermaux¹⁰⁷. Le développement de la géothermie sur de nouveaux

106 Géothermie: le Palois Arverne rachète GéoRhin. *La République des Pyrénées* [en ligne]. Pau, 13 février 2023. [Consulté le 14 février 2023]. Disponible à l'adresse: <https://www.larepubliquedespyrenees.fr/environnement/geothermie-le-palois-arverne-rachete-georhin-14050887.php>

107 Vulcan, cette start-up australienne qui veut fournir Renault et Stellantis en lithium européen. *L'Usine Nouvelle* [en ligne]. 20 juin 2022. [Consulté le 16 janvier 2023]. Disponible à l'adresse: <https://www.usinenouvelle.com/editorial/vulcan-cette-start-up-australienne-qui-veut-fournir-renault-et-stellantis-en-lithium-europeen.N2014782>

territoires peut ainsi faire émerger des problématiques nouvelles, le contexte n'étant plus le même.

Au-delà de la question de la géothermie, la question du sous-sol – qui se voit de nouveau mobilisée dans le cadre de la transition énergétique, à l'instar du lithium pour les batteries par exemple – reste une question qui doit être étudiée. Cependant, si ce travail est notamment fait par les géosciences, il peut sembler pertinent que les sciences sociales s'emparent davantage de cette question, interrogeant de fait les relations entre les sociétés et leur sous-sol. Il peut ainsi sembler pertinent d'approfondir la question de verticalisation des territoires, dans d'autres contextes d'exploitation du milieu souterrain, afin de comprendre si elle se met en place selon des modalités similaires. Finalement, il peut être intéressant de suivre les différentes expérimentations de démocratie technique à l'échelle locale – dont certaines sont encore en cours durant cette thèse – pour voir comment la mise en débat de cette technologie, notamment au sein du nouveau contexte énergétique, se met en œuvre.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME, 2021. *Transition(s) 2050: choisir maintenant, agir pour le climat*. Angers : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. Horizons. ISBN 979-10-297-1887-8.

ADEME et BRGM, 2010. *La géothermie et les réseaux de chaleur: guide du maître d'ouvrage: guide technique*. Angers]; [Orléans : ADEME; BRGM éd. ISBN 978-2-7159-2490-1.

ADEME et G2H CONSEILS, 2016. *Historique et bilan détaillés du système de Garantie Court et Long Termes des opérations de chaleur géothermique sur aquifères profonds mis en place en France au début des années 1980* [en ligne]. octobre 2016. Disponible à l'adresse : <http://www.afpg.asso.fr/wp-content/uploads/2017/07/Historique-et-bilan-fonds-de-garantie-ge%CC%81othermie.pdf>

AFPG, 2019. *Etude de filière 2019* [en ligne]. 2019. Disponible à l'adresse : <http://www.afpg.asso.fr/etude-2019-de-lafpg/>

AKRICH, Madeleine, 2013. La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques. In : CALLON, Michel et LATOUR, Bruno (éd.), *Sociologie de la traduction: Textes fondateurs* [en ligne]. Paris : Presses des Mines. pp. 109-134. Sciences sociales. [Consulté le 25 avril 2019]. ISBN 978-2-35671-023-9. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/pressesmines/1195>

AKRICH, Madeleine, CALLON, Michel, LATOUR, Bruno et STRUM, Shirley, 2013. *Sociologie de la traduction Textes fondateurs* [en ligne]. Paris : Presses des Mines. [Consulté le 21 avril 2021]. ISBN 978-2-35671-023-9. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/pressesmines/1181>

ALBERTINI, Jean-Benoît, 2014. Démocratie représentative et participation(s) citoyenne(s): réflexions et applications pratiques: *Revue française d'administration publique*. 26 novembre 2014. Vol. N° 150, n° 2, pp. 529-541. DOI 10.3917/rfap.150.0529.

ARCHIBALD, Mandy M., AMBAGTSHEER, Rachel C., CASEY, Mavourneen G. et LAWLESS, Michael, 2019. Using Zoom Videoconferencing for Qualitative Data Collection: Perceptions and Experiences of Researchers and Participants. *International Journal of Qualitative Methods*. 1 janvier 2019. Vol. 18, pp. 160940691987459. DOI 10.1177/1609406919874596.

ARNAULD DE SARTRE, Xavier, 2018. *L'acceptabilité, ou la recherche d'une nouvelle légitimité de l'aménagement?* 2018. UMR PASSAGES (CNRS & Université de Pau et des Pays de l'Adour).

ARNAULD DE SARTRE, Xavier et CHAILLEUX, Sébastien, 2021. Introduction. L'incomplète mise en politique du sous-sol français. *Natures Sciences Sociétés* [en ligne]. 2021. [Consulté le 1 décembre 2021]. DOI 10.1051/nss/2021048. Disponible à l'adresse : <https://www.nss-journal.org/articles/nss/abs/first/nss210048/nss210048.html>

- ARNAULD DE SARTRE, Xavier, MISSAGHIEH-PONCET, Justin et DESVALLÉES, Lise, 2022. En France, l'acceptabilité sociale des technologies de décarbonation de l'énergie à l'ombre de la dépendance au nucléaire. *Energie - Environnement - Infrastructures*. 2022. N° n° 4, pp. 24-29.
- AYKUT, Stefan C et DAHAN DALMEDICO, Amy, 2015. *Gouverner le climat* [en ligne]. Paris (117 Boulevard Saint-Germain 75006) : Presses de Sciences Po. [Consulté le 10 octobre 2019]. ISBN 978-2-7246-1682-8. Disponible à l'adresse : <http://www.library.yorku.ca/e/resolver/id/2776880>
- BAGGIONI, Vincent et CACCIARI, Joseph, 2019. La fabrication de l'« acceptabilité sociale » des parcs photovoltaïques au sol. *Espaces et sociétés*. 2019. Vol. 178, n° 3, pp. 137-156.
- BAIENSON, Jeremy N., 2021. Nonverbal Overload: A Theoretical Argument for the Causes of Zoom Fatigue. *Technology, Mind, and Behavior* [en ligne]. 23 février 2021. Vol. 2, n° 1. [Consulté le 26 juillet 2022]. DOI 10.1037/tmbo000030. Disponible à l'adresse : <https://tmb.apaopen.org/pub/nonverbal-overload/release/2>
- BARBIER, Rémi et NADAÏ, Alain, 2015. Acceptabilité sociale : partager l'embarras. [*Vertigo*] *La revue électronique en sciences de l'environnement* [en ligne]. 2015. Vol. 15, n° 3. [Consulté le 20 février 2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.erudit.org/en/journals/vertigo/2015-v15-n3-vertigo02438/1035870ar/abstract/>
- BATEL, Susana, 2020. Research on the social acceptance of renewable energy technologies: Past, present and future. *Energy Research & Social Science*. octobre 2020. Vol. 68, pp. 101544. DOI 10.1016/j.erss.2020.101544.
- BATELLIER, Pierre, 2015. *Acceptabilité sociale: Cartographie d'une notion et de ses usages* [en ligne]. Les Publication du Centr'ERE. Montréal : Unité du Québec à Montréal. Disponible à l'adresse : <http://www.espace-ressources.org/wp-content/uploads/2015/07/Batellier-2015-Acceptabilite-sociale.pdf>
- BATELLIER, Pierre, 2016. Acceptabilité sociale des grands projets à fort impact socio-environnemental au Québec : définitions et postulats. [*Vertigo*] *La revue électronique en sciences de l'environnement* [en ligne]. 2016. Vol. 16, n° 1. [Consulté le 18 octobre 2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.erudit.org/fr/revues/vertigo/2016-v16-n1-vertigo02678/1037565ar/>
- BÉAL, Vincent, 2016. La modernisation écologique. . 2016. pp. 223.
- BEAUD, Stéphane et WEBER, Florence, 2017. *Guide de l'enquête de terrain: produire et analyser des données ethnographiques*. ISBN 978-2-7071-6008-9.
- BECKER, Howard S., 2002. *Les ficelles du métier: Comment conduire sa recherche en sciences sociales* [en ligne]. La Découverte. [Consulté le 27 juillet 2022]. Repères. ISBN 978-2-7071-3370-0. Disponible à l'adresse : <https://cairn.info/les-ficelles-du-metier-2002--9782707133700.htm>

BELTRAN, Alain, 2018. La France et sa politique de l'énergie (des années 1970 à aujourd'hui). In : HAZOUARD, Solène et LASSERRE, René (éd.), *La transition énergétique: Un défi franco-allemand et européen* [en ligne]. Cergy-Pontoise : CIRAC. pp. 17-25. Travaux et documents du CIRAC. [Consulté le 25 avril 2022]. ISBN 978-2-905518-72-9. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/cirac/1029>

BERTRAND, Georges, 1975. Pour une histoire écologique de la France rurale. In : DUBY, Georges et WALLON, Armand, *Histoire de la France rurale*. Paris : Seuil. pp. 37-113.

BESSON, Jean-Charles et PASCAL, Michel, 2019. La Mine en France: Histoire industrielle et sociale. In : [en ligne]. Ministères de la transition écologique et solidaire et des cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales. 2019. Comité d'histoire - pour mémoire. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Pour%20m%C3%A9moire%20Hors%20s%C3%A9rie%20n%C2%B027.Automne%202019.La%20mine%20en%20France.pdf>

BIHOUIX, Philippe, 2014. *L'âge des low tech: vers une civilisation techniquement soutenable*. Paris : Éditions du Seuil. Anthropocène Seuil. ISBN 978-2-02-116072-7. HC79.T4 .B535 2014

BILLOWS, Sebastian et VIALLET-THÉVENIN, Scott, 2016. La fin de l'État stratège ? La concurrence dans les politiques économiques françaises (1945-2015). *Gouvernement et action publique*. 2016. Vol. VOL. 5, n° 4, pp. 9-22. DOI 10.3917/gap.164.0009.

BLAIKIE, Piers, BROOKFIELD, Harold, ALLEN, Bryant et CRITTENDEN, Robert, 1987. *Land degradation and society*. First published in 1987 by Methuen. London : Routledge. Routledge Revivals. ISBN 978-1-138-92307-2.

BLANCK, Julie, 2021. Des dispositifs pluralistes sous contrôle: internaliser les critiques pour gouverner le stockage des déchets radioactifs. ARNAULD DE SARTRE, Xavier et CHAILLEUX, Sébastien (éd.), *Natures Sciences Sociétés*. 2021. Vol. 29, pp. S33-S42. DOI 10.1051/nss/2021042.

BLOCK, Emily S. et ERSKINE, Laura, 2012. Interviewing by Telephone: Specific Considerations, Opportunities, and Challenges: *International Journal of Qualitative Methods* [en ligne]. 1 septembre 2012. [Consulté le 5 mai 2020]. DOI 10.1177/160940691201100409. Disponible à l'adresse : <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/160940691201100409?icid=int.sj-abstract.similar-articles.1> Sage CA: Los Angeles, CA

BLUMER, Y.B., BRAUNREITER, L., KACHI, A., LORDAN-PERRET, R. et OERI, F., 2018. A two-level analysis of public support: Exploring the role of beliefs in opinions about the Swiss energy strategy. *Energy Research & Social Science*. septembre 2018. Vol. 43, pp. 109-118. DOI 10.1016/j.erss.2018.05.024.

BOBBETTE, Adam et DONOVAN, Amy (éd.), 2019. *Political Geology: Active Stratigraphies and the Making of Life*. 1st ed. 2019. Cham : Springer International Publishing: Imprint: Palgrave Macmillan. ISBN 978-3-319-98189-5. 333.707

- BODIN, Cyrille, CHAVOT, Philippe, MASSERAN, Anne, SERRANO, Yeny, HEIMLICH, Christine et ZOUNGRANA, Jean, 2018. Les formes d'appropriation de la transition énergétique par le récit territorial: le cas de la géothermie profonde dans la métropole de Strasbourg. *Les Enjeux de l'information et de la communication*. novembre 2018. Vol. Supplément 2018 A, n° 19/3A, pp. 69-80.
- BOLTANSKI, Luc et THÉVENOT, Laurent, 2008. *De la justification: les économies de la grandeur*. Nachdr. Paris : Gallimard. NRF essais. ISBN 978-2-07-072254-9.
- BONNEUIL, Christophe et JOLY, Pierre-Benoît, 2013. *Sciences, techniques et société* [en ligne]. Paris : La Découverte. [Consulté le 9 mars 2019]. ISBN 978-2-7071-7788-9. Disponible à l'adresse : <http://www.cairn.info/sciences-techniques-et-societe--9782707150974.htm>
- BOUDES, Philippe, 2017. Changement social et écologie: où en est la modernisation écologique? *Socio-logos: Revue publiée par l'Association Française de Sociologie* [en ligne]. 2017. Vol. 12. [Consulté le 18 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01638788>
- BOUISSET, Christine et VAUCELLE, Sandrine (éd.), 2020. *Transition et reconfiguration des spatialités* [en ligne]. Peter Lang B. [Consulté le 28 janvier 2021]. ISBN 978-2-8076-1228-0. Disponible à l'adresse : <https://www.peterlang.com/view/title/71236>
- BOURDIN, Sébastien, 2020. Le NIMBY ne suffit plus! Étude de l'acceptabilité sociale des projets de méthanisation. *L'Espace Politique. Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique* [en ligne]. 28 février 2020. N° 38. [Consulté le 2 juin 2022]. DOI 10.4000/espacepolitique.6619. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/espacepolitique/6619>
- BOURRIER, Mathilde et KIMBER, Leah, 2022. Apprivoiser la distance: un défi paradoxal, une expérience exigeante, un cadre revisité. *Socio-anthropologie*. 24 mars 2022. N° 45, pp. 9-24. DOI 10.4000/socio-anthropologie.11019.
- BOUSQUET, François, ROBBINS, Paul, PELOQUIN, Claude et BONATO, Olivier, 2015. The PISA grammar decodes diverse human–environment approaches. *Global Environmental Change*. septembre 2015. Vol. 34, pp. 159-171. DOI 10.1016/j.gloenvcha.2015.06.013.
- BRAUN, Bruce, 2000. Producing vertical territory: geology and governmentality in late Victorian Canada. *Ecumene*. janvier 2000. Vol. 7, n° 1, pp. 7-46. DOI 10.1177/096746080000700102.
- BREDE, Katrin, DZEBISASHVILI, Khatia, LIU, Xiaolei et FALCONE, Gioia, 2013. A systematic review of enhanced (or engineered) geothermal systems: past, present and future. *Geothermal Energy*. décembre 2013. Vol. 1, n° 1, pp. 4. DOI 10.1186/2195-9706-1-4.
- BRGM, 2005. *Deep Geothermal Energy in Western Europe: The Soultz Project*. 2005.

BROWN, Donald W., DUCHANE, David V., HEIKEN, Grant et HRISCU, Vivi Thomas, 2012. *Mining the Earth's Heat: Hot Dry Rock Geothermal Energy* [en ligne]. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg. [Consulté le 15 mai 2020]. ISBN 978-3-540-67316-3. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-68910-2>

BUTTEL, Frederick H., 2000. Ecological modernization as social theory. *Geoforum*. février 2000. Vol. 31, n° 1, pp. 57-65. DOI 10.1016/S0016-7185(99)00044-5.

CALLON, Michel, 1986. Éléments pour une sociologie de la traduction: la domestication des coquilles saint-jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de saint-Brieuc. *L'Année sociologique* (1940/1948-). 1986. Vol. 36, pp. 169-208. JSTOR

CALLON, Michel, 2013a. Sociologie de l'acteur réseau. In : AKRICH, Madeleine et LATOUR, Bruno (éd.), *Sociologie de la traduction: Textes fondateurs* [en ligne]. Paris : Presses des Mines. pp. 267-276. Sciences sociales. [Consulté le 16 avril 2019]. ISBN 978-2-35671-023-9. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/pressesmines/1201>

CALLON, Michel, 2013b. Pour une sociologie des controverses technologiques. In : AKRICH, Madeleine et LATOUR, Bruno (éd.), *Sociologie de la traduction: Textes fondateurs* [en ligne]. Paris : Presses des Mines. pp. 135-157. Sciences sociales. [Consulté le 16 avril 2019]. ISBN 978-2-35671-023-9. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/pressesmines/1196>

CALLON, Michel, LASCOURMES, Pierre et BARTHE, Yannick, 2001. *Agir dans un monde incertain: essai sur la démocratie technique*. Paris : Éditions du Seuil. La couleur des idées. ISBN 978-2-02-040432-7. JC423 .C2454 2001

CALVERT, Kirby, 2016. From 'energy geography' to 'energy geographies': Perspectives on a fertile academic borderland. *Progress in Human Geography*. février 2016. Vol. 40, n° 1, pp. 105-125. DOI 10.1177/0309132514566343.

CAMPOS, Ana Sofia, HA-DUONG, Minh et MERAD, Miriam, 2010. Synthèse de littérature sur l'acceptabilité sociale du captage et du stockage du CO₂. . février 2010. pp. 111-132.

CANEL-DEPITRE, Béatrice, 2017. The process of constructing a project for producing electricity from wind power in Haute Saintonge and its social unacceptability. *Annales des Mines - Gerer et comprendre*. 14 décembre 2017. Vol. 130, n° 4, pp. 15-31.

CHAILLEUX, Sébastien, 2015. *Non au gaz de schiste!: cadrages et débordements de la controverse sur les hydrocarbures non conventionnels en France et au Québec* [en ligne]. phdthesis. Université de Bordeaux. [Consulté le 24 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01280729/document>

CHAILLEUX, Sébastien, 2019a. Strategic ignorance and politics of time: how expert knowledge framed shale gas policies. *Critical Policy Studies*. janvier 2019. pp. 1-19. DOI 10.1080/19460171.2018.1563556.

CHAILLEUX, Sébastien, 2019b. Making the subsurface political: How enhanced oil recovery techniques reshaped the energy transition. *Environment and Planning C: Politics and Space*. 23 octobre 2019. pp. 239965441988407. DOI 10.1177/2399654419884077.

CHAILLEUX, Sébastien, 2022. La trajectoire de la politique minière française depuis 1990: survivance et marginalisation du régime de justification des acteurs miniers. In : CHAILLEUX, Sébastien, LE BERRE, Sylvain et GUNZBURGER, Yann (éd.), *Ressources minérales et transitions* [en ligne]. Peter Lang Verlag. [Consulté le 23 février 2023]. ISBN 978-2-87574-534-7. Disponible à l'adresse : <https://www.peterlang.com/document/1280839>

CHAILLEUX, Sébastien et ARNAULD DE SARTRE, Xavier, 2021. L'acceptabilité au prisme du stockage géologique de CO₂: retour sur un débat non émergé. *Natures Sciences Sociétés*. 2021. Vol. 29, pp. S12-S24. DOI 10.1051/nss/2021043.

CHAILLEUX, Sébastien, LE BERRE, Sylvain et GUNZBURGER, Yann (éd.), 2022. *Ressources minérales et transitions* [en ligne]. Peter Lang Verlag. [Consulté le 23 février 2023]. ISBN 978-2-87574-534-7. Disponible à l'adresse : <https://www.peterlang.com/document/1280839>

CHARBONNEAU, Bernard et ELLUL, Jacques, 2014. « *Nous sommes des révolutionnaires malgré nous* »: *textes pionniers de l'écologie politique*. Paris : Éditions du Seuil. Anthropocène. ISBN 978-2-02-116302-5. JA75.8 .C43 2014

CHARBONNIER, Pierre, 2020. *Abondance et liberté: une histoire environnementale des idées politiques*. Paris : La Découverte. ISBN 978-2-348-04678-0.

CHATEAURAYNAUD, Francis, 2008. Les mobiles de l'expertise. *Experts*. mars 2008. Vol. 78, pp. 1-4.

CHAVOT, Philippe, HEIMLICH, Christine, MASSERAN, Anne, SERRANO, Yeny, ZOUNGRANA, Jean et BODIN, Cyrille, 2018. Social shaping of deep geothermal projects in Alsace: politics, stakeholder attitudes and local democracy. *Geothermal Energy*. décembre 2018. Vol. 6, n° 1, pp. 26. DOI 10.1186/s40517-018-0111-6.

CHAVOT, Philippe, MASSERAN, Anne, SERRANO, Yeny et ZOUNGRANA, Jean, 2021. L'information comme enjeu? La controverse autour de la géothermie profonde à l'Eurométropole de Strasbourg. *Natures Sciences Sociétés* [en ligne]. 2021. [Consulté le 30 novembre 2021]. DOI 10.1051/nss/2021044. Disponible à l'adresse : <https://www.nss-journal.org/articles/nss/abs/first/nss210044/nss210044.html>

CLARK, Nigel, 2017. Politics of Strata. *Theory, Culture & Society*. mai 2017. Vol. 34, n° 2-3, pp. 211-231. DOI 10.1177/0263276416667538.

CLAVAL, Paul, 2013. Le rôle du terrain en géographie: Des épistémologies de la curiosité à celles du désir. *Confins* [en ligne]. 16 mars 2013. N° 17. [Consulté le 28 mai 2018]. DOI 10.4000/confins.8373. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/confins/8373>

COLLINS, H.M. et EVANS, Robert, 2002. The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience. *Social Studies of Science*. avril 2002. Vol. 32, n° 2, pp.235-296. DOI 10.1177/0306312702032002003.

COMPAGNON, Daniel et SAINT-MARTIN, Arnaud, 2019. La technique: promesse, mirage et fatalité. *Socio. La nouvelle revue des sciences sociales*. 25 avril 2019. N° 12, pp.7-25. DOI 10.4000/socio.4401.

DEAKIN, Hannah et WAKEFIELD, Kelly, 2014. Skype interviewing: reflections of two PhD researchers. *Qualitative Research*. octobre 2014. Vol. 14, n° 5, pp. 603-616. DOI 10.1177/1468794113488126.

DEMAZIÈRE, Didier et DUBAR, Claude, 1997. *Analyser les entretiens biographiques: l'exemple des récits d'insertion* [en ligne]. 3. tirage. Québec : Presses de l'Univ. Laval. ISBN 978-2-7637-8134-1. Disponible à l'adresse : https://www.jstor.org/stable/41928734?seq=1#page_scan_tab_contents

DESHAIES, Michel, 2019. Les bassins houillers européens: déclin, problèmes et potentiels de régions post-minières. In : RAGGI, Pascal, *Un après-mine imprévu: entre craintes et attentes, quand l'exploitation du sous-sol redevient d'actualité en Lorraine*. Nancy : Presses universitaires de Nancy-Éditions universitaires de Lorraine. MSH Lorraine. ISBN 978-2-8143-0534-2. 338.209 44

DESHAIES, Michel, 2020. Problèmes géographiques des transitions énergétiques : quelles perspectives pour l'évolution du système énergétique ? *Mondes en développement*. 2020. Vol. 192, n° 4, pp. 25-44. DOI 10.3917/med.192.0025.

DESVALLÉES, Lise, ARNAULD DE SARTRE, Xavier et KULL, Christian A., 2022. Epistemic communities in political ecology: critical deconstruction or radical advocacy? *Journal of Political Ecology*. 20 mai 2022. Vol. 29, pp. 309.

DEVINE-WRIGHT, Patrick, BATEL, Susana, AAS, Oystein, SOVACOOOL, Benjamin, LABELLE, Michael Carnegie et RUUD, Audun, 2017. A conceptual framework for understanding the social acceptance of energy infrastructure: Insights from energy storage. *Energy Policy*. août 2017. Vol. 107, pp. 27-31. DOI 10.1016/j.enpol.2017.04.020.

DI MÉO, Guy, 1998a. De l'espace aux territoires: éléments pour une archéologie des concepts fondamentaux de la géographie. *L'information géographique*. 1998. Vol. 62, n° 3, pp. 99-110. DOI 10.3406/ingeo.1998.2586.

DI MÉO, Guy, 1998b. *Géographie sociale et territoires*. Paris : Nathan Université. ISBN 978-2-09-190907-3.

DI MÉO, Guy et HOUTMANN, Jean-Claude, 1973. Parentis-en-Born et son pétrole. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. Sud-Ouest Européen*. 1973. Vol. 44, n° 2, pp. 225-237. DOI 10.3406/rgpso.1973.3364.

DRABBLE, Laurie, TROCKI, Karen F., SALCEDO, Brenda, WALKER, Patricia C. et KORCHA, Rachael A., 2016. Conducting qualitative interviews by telephone: Lessons learned from a study of alcohol use among sexual minority and heterosexual women. *Qualitative social work: QSW: research and practice*. janvier 2016. Vol. 15, n° 1, pp. 118-133. DOI 10.1177/1473325015585613.

DUBOIS, Michel, 2017. « Cela nous a échappé... » : théorie de l'acteur-réseau et le problème des générations scientifiques. *Social Science Information*. 1 mars 2017. Vol. 56, n° 1, pp. 107-141. DOI 10.1177/0539018416675075.

DUMEZ, Hervé, 2016. *Méthodologie de la recherche qualitative: les 10 questions clés de la démarche compréhensive*. 2e éd. Paris : Vuibert. ISBN 978-2-311-40298-8. 300.72

DUNLAP, Alexander et JAKOBSEN, Jostein, 2020. *The violent technologies of extraction: political ecology, critical agrarian studies and the capitalist worldeater*. Cham : Palgrave Macmillan. ISBN 978-3-030-26852-7.

DURAND-DELGA, Michel, PANDELI, Enrico et BERTINI, Giovanni, 2001. Le champ géothermique de Larderello (Toscane, Italie): situation géologique, utilisations industrielles, rôle de la famille de Larderel. *Géologie Alpine*. 2001. N° 77, pp. 9-21.

DURNOVA, Anna et ZITTOUN, Philippe, 2013. Les approches discursives des politiques publiques. Introduction. *Revue française de science politique*. 2013. Vol. 63, n° 3-4, pp. 569-577. DOI 10.3917/rfsp.633.0569.

EJDERYAN, Olivier, RUEF, Franziska et STAUFFACHER, Michael, 2019. Geothermal Energy in Switzerland: Highlighting the Role of Context. In : MANZELLA, Adele, ALLANSDOTTIR, Agnes et PELLIZZONE, Anna (éd.), *Geothermal Energy and Society* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. pp. 239-257. [Consulté le 1 janvier 2020]. ISBN 978-3-319-78285-0. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-78286-7_15

EJDERYAN, Olivier, RUEF, Franziska et STAUFFACHER, Michael, 2020. Entanglement of Top-Down and Bottom-Up: Sociotechnical Innovation Pathways of Geothermal Energy in Switzerland. *The Journal of Environment & Development*. mars 2020. Vol. 29, n° 1, pp. 99-122. DOI 10.1177/1070496519886008.

ELDEN, Stuart, 2013. Secure the volume: Vertical geopolitics and the depth of power. *Political Geography*. 1 mai 2013. Vol. 34, pp. 35-51. DOI 10.1016/j.polgeo.2012.12.009.

ENJALBERT, Henri, 1957. Parentis. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. Sud-Ouest Européen*. 1957. Vol. 28, n° 1, pp. 35-59. DOI 10.3406/rgps.1957.1437.

ETIENNE-GREENWOOD, Tobias, 2020. *Sociologie du militantisme anti-extractivisme* [en ligne]. phdthesis. Université de Pau et des Pays de l'Adour. [Consulté le 26 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03199419>

FISCHER, Frank, 2013. L'expertise politique et le tournant argumentatif. Vers une approche délibérative de l'analyse des politiques publiques. *Revue française de science politique*. 2013. Vol. 63, n° 3-4, pp. 579-601. DOI 10.3917/rfsp.633.0579.

FLANQUART, Hervé, 2020. Nous sommes tous des nimbystes : plaidoyer pour l'utilisation de la notion d'acceptabilité sociale. *Développement durable et territoires* [en ligne]. 20 décembre 2020. N° Vol. 11, n°3. [Consulté le 22 mars 2021]. DOI 10.4000/developpementdurable.17718. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/17718>

FORGET, Marie et BOS, Vincent, 2022. Explorer les extractivismes verts : la récolte du soleil et du lithium dans les Andes. In : *Extractivismes verts : le gouvernement de la transition énergétique au ras du sol – 16e congrès de l'AFSP*. Lille. 2022.

FORSYTH, Tim, 2003. *Critical political ecology: the politics of environmental science*. London ; New York : Routledge. ISBN 978-0-415-18562-2. GE170 .F59 2003

FORTIN, Marie-José et FOURNIS, Yann, 2014. A bottom-up definition of social acceptability: territorial dynamics related to wind energy projects in Quebec (Canada). *Natures Sciences Sociétés*. 26 novembre 2014. Vol. 22, n° 3, pp. 231-239.

FOURNIS, Yann et FORTIN, Marie-José, 2015. Une définition territoriale de l'acceptabilité sociale: pièges et défis conceptuels. [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement* [en ligne]. 2015. Vol. 15, n° 3. [Consulté le 20 février 2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.erudit.org/en/journals/vertigo/2015-v15-n3-vertigo02438/1035869ar/abstract/>

FUSULIER, Bernard, 2011. Le concept d'ethos. *Recherches sociologiques et anthropologiques*. 29 août 2011. Vol. 42, n° 1, pp. 97-109. DOI 10.4000/rsa.661.

GAUTIER, Denis et BENJAMINSEN, Tor A, 2013. *Environnement, discours et pouvoir: l'approche Political ecology*. Versailles : Éditions Quæ. ISBN 978-2-7592-1819-6.

GENTIER, Sylvie, 2013. Les EGS : une méthode d'exploitation géothermique généralisée pour les températures de 130 à 180 °C. *Géosciences*. 2013. N° 16, pp. 54-63.

GILLY, Jean-Pierre et LEROUX, Isabelle, 2005. Restructuration des firmes et dynamiques des territoires. Les stratégies de re-développement du site industriel gazier de Lacq en Aquitaine. *La Revue de l'Ires*. 2005. Vol. n° 47, n° 1, pp. 257-280. DOI 10.3917/rdli.047.0257.

GRABER, Frédéric, 2022. *Inutilité publique: histoire d'une culture politique française*. Paris : Editions Amsterdam. ISBN 978-2-35480-255-4.

GRISEL, Etienne, 2020. *La géothermie entre droit fédéral et cantonal* [en ligne]. Schulthess Éditions Romandes. [Consulté le 24 juin 2022]. ISBN 978-3-7255-8739-1. Disponible à l'adresse : https://serval.unil.ch/notice/serval:BIB_E73A930F947F

GROSSETTI, Michel, 2007. Les limites de la symétrie. *SociologieS* [en ligne]. 22 octobre 2007. [Consulté le 22 novembre 2021]. DOI 10.4000/sociologies.712. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/sociologies/712#tocto1n2>

GUNZBURGER, Yann, JÉBRAK, Michel, MARCOUX, Eric et PIGUET, Jack-Pierre, 2022. Dans quelle mesure le sous-sol français peut-il répondre à nos besoins en matières premières minérales? In : CHAILLEUX, Sébastien, LE BERRE, Sylvain et GUNZBURGER, Yann (éd.), *Ressources minérales et transitions* [en ligne]. Peter Lang Verlag. [Consulté le 23 février 2023]. ISBN 978-2-87574-534-7. Disponible à l'adresse : <https://www.peterlang.com/document/1280839>

GUYOT, Sylvain, 2008. Une méthodologie de terrain 'avec de vrais bricolages et plein de petits arrangements'... In : *À travers l'espace de la méthode: les dimensions du terrain en géographie* [en ligne]. juin 2008. [Consulté le 27 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00422362>

HALLÉE, Yves et GARNEAU, Julie M. É., 2019. L'abduction comme mode d'inférence et méthode de recherche: de l'origine à aujourd'hui. *Recherches qualitatives*. 13 mai 2019. Vol. 38, n° 1, pp. 124-140. DOI 10.7202/1059651ar.

HAMMAN, Philippe, 2022. Paysages, mobilisations citoyennes et acceptabilité sociale de projets éoliens terrestres. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [en ligne]. 16 août 2022. [Consulté le 9 janvier 2023]. DOI 10.4000/vertigo.36155. Disponible à l'adresse : <https://journals.openedition.org/vertigo/36155>

HARVEY, David, 2010. *Géographie et capital: vers un matérialisme historico-géographique*. Paris : Éd. Syllepse. Mille marxismes. ISBN 978-2-84950-279-2. 910.01

HÉAS, Stéphane et RÉGNIER, Patrice, 2022. Enquêter à distance: une spécificité, une incongruité...? *Socio-anthropologie*. 24 mars 2022. N° 45, pp. 25-46. DOI 10.4000/socio-anthropologie.11025.

HIRSCHBERG, Stefan, WIEMER, Stefan et BURGHERR, Peter (éd.), 2015. *Energy from the earth: deep geothermal as a resource for the future?* Zürich : VDF Hochschulverlag an der ETH Zürich. TA-SWISS (Series), 62/2015. ISBN 978-3-7281-3654-1. GB1199.8.S9 E54 2015

IEA, 2021. *Net Zero by 2050* [en ligne]. Paris : IEA. Disponible à l'adresse : <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

ILLICH, Ivan, 1975. *Énergie et équité*. ISBN 978-2-08-142857-7.

IPCC, SHUKLA, J.Skea, SLADE, R., KHOURDAJIE, A.AI, DIEMEN, R., MCCOLLUM, D., PATHAK, M., SOME, S., VYAS, P., FRADERA, R., BELKACEMI, M., HASIJA, A., LISBOA, G., LUZ, S., et J., 2022. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Cambridge, UK and New York, NY, USA : Cambridge University Press.

JASANOFF, Sheila, 2003. Breaking the Waves in Science Studies: Comment on H.M. Collins and Robert Evans, 'The Third Wave of Science Studies'. *Social Studies of Science*. juin 2003. Vol. 33, n° 3, pp. 389-400. DOI 10.1177/03063127030333004.

JASANOFF, Sheila et KIM, Sang-Hyun, 2013. Sociotechnical Imaginaries and National Energy Policies. *Science As Culture*. 30 mai 2013. Vol. 22, n° 2, pp. 189-196. DOI 10.1080/09505431.2013.786990.

JOLY, Pierre-Benoît, 2012. La fabrique de l'expertise scientifique : contribution des STS. *Hermès, La Revue*. 2012. Vol. 64, n° 3, pp. 22-28. DOI 10.4267/2042/48377.

JOLY, Pierre-Benoît, 2013. On the economics of techno-scientific promises. In : AKRICH, Madeleine, BARTHE, Yannick, MUNIESA, Fabian et MUSTAR, Philippe (éd.), *Débordements: Mélanges offerts à Michel Callon* [en ligne]. Paris : Presses des Mines. pp. 203-221. Sciences sociales. [Consulté le 11 juin 2021]. ISBN 978-2-35671-187-8. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/pressesmines/747>

KINCHY, Abby J., PHADKE, Roopali et SMITH, Jessica M., 2018. Engaging the Underground: An STS Field in Formation. *Engaging Science, Technology, and Society*. 1 mars 2018. Vol. 4, pp. 22. DOI 10.17351/ests2018.213.

LABUSSIÈRE, Olivier, 2020. Où va la géographie de l'énergie? In : CLÉMENT, Vincent, STOCK, Mathis et VOLVEY, Anne (éd.), *Mouvements de géographie. Une science sociale au tournant* [en ligne]. Presses Universitaires de Rennes. pp. 165-177. [Consulté le 18 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02903031>

LABUSSIÈRE, Olivier, 2021. Un « volume » incertain : géologie politique de l'exploration du gaz de charbon en Lorraine (France). *Natures Sciences Sociétés* [en ligne]. 2021. [Consulté le 30 novembre 2021]. DOI 10.1051/nss/2021045. Disponible à l'adresse : <https://www.nss-journal.org/articles/nss/abs/first/nss210045/nss210045.html>

LABUSSIÈRE, Olivier et NADAÏ, Alain, 2015. *L'énergie des sciences sociales* [en ligne]. Paris : Alliance Athena. [Consulté le 9 décembre 2019]. Collection ATHENA. ISBN 979-10-93170-03-9. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/allianceathena/203>

LAFAYE, Claudette et THÉVENOT, Laurent, 1993. Une justification écologique?: Conflits dans l'aménagement de la nature. *Revue Française de Sociologie*. octobre 1993. Vol. 34, n° 4, pp. 495. DOI 10.2307/3321928.

LASCOUMES, Pierre, BONNAUD, Laure, LE BOURHIS, Jean-Pierre et MARTINAIS, Emmanuel, 2014. *Le développement durable: une nouvelle affaire d'État*. 1^{re} édition. Paris : Presses universitaires de France. L'écologie en questions. ISBN 978-2-13-060716-8. HC280.E5 L373 2014

LAURENT, Brice et MERLIN, Julien, 2019. L'ingénierie de la promesse. Le renouveau minier français et l'exploration comme investissement. In : *15^e congrès de l'AFSP* [en ligne]. Bordeaux, France : Association Française de Science Politique (AFSP). juillet 2019. [Consulté le 31 mai 2021]. Disponible à l'adresse : <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-02396891>

LAURENT, Brice et MERLIN, Julien, 2021. L'ingénierie de la promesse: le renouveau minier français et la « mine responsable ». ARNAULD DE SARTRE, Xavier et CHAILLEUX, Sébastien (éd.), *Natures Sciences Sociétés*. 2021. Vol. 29, pp. S55-S68. DOI 10.1051/nss/2021046.

LE BOURHIS, Jean-Pierre et MARTINAIS, Emmanuel, 2014. Quelle architecture institutionnelle pour le développement durable? La restructuration des services régionaux du ministère de l'écologie. *Revue française d'administration publique*. 8 août 2014. Vol. 149, n° 1, pp. 223-237.

LEFEBVRE, Henri, 2000. *Espace et politique*. 2. éd. Paris : Anthropos. Le droit à la ville / Henri Lefebvre, 2. ISBN 978-2-7178-4141-1.

LEJEUNE, Christophe, 2016. *Manuel d'analyse qualitative: analyser sans compter ni classer*. ISBN 978-2-8011-1749-1.

LEMIEUX, Cyril, 2007. À quoi sert l'analyse des controverses? *Mil neuf cent*. 2007. Vol. n° 25, n° 1, pp. 191. DOI 10.3917/mnc.025.0191.

LINDER, Wolf et VATTER, Adrian, 2001. Institutions and outcomes of Swiss federalism: The role of the cantons in Swiss politics. *West European Politics*. 1 avril 2001. Vol. 24, n° 2, pp. 95-122. DOI 10.1080/01402380108425435.

LU, Shyi-Min, 2018. A global review of enhanced geothermal system (EGS). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 1 janvier 2018. Vol. 81, pp. 2902-2921. DOI 10.1016/j.rser.2017.06.097.

MANZELLA, Adele, ALLANSDOTTIR, Agnes et PELLIZZONE, Anna (éd.), 2019. *Geothermal Energy and Society* [en ligne]. Cham : Springer International Publishing. [Consulté le 19 février 2020]. Lecture Notes in Energy. ISBN 978-3-319-78285-0. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-78286-7>

MARREC, Anael, 2018. *Histoire des énergies renouvelables en France, 1880-1990* [en ligne]. phdthesis. Université de Nantes. [Consulté le 12 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-01969705>

MASSON-DELMOTTE, Valérie, ZHAI, Panmao, PIRANI, Anna, CONNORS, Sarah L., PÉAN, C., BERGER, Sophie, CAUD, Nada, CHEN, Y., GOLDFARB, Leah, GOMIS, Melissa I., HUANG, Mengtian, LEITZELL, Katherine, LONNOY, Elisabeth, MATTHEWS, J. B. Robin, MAYCOCK, Thomas K., WATERFIELD, Tim, YELEKÇI, Özge, YU, R. et ZHOU, Botao (éd.), 2021. Summary for policymakers. In : , *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [en ligne]. Cambridge University Press. Disponible à l'adresse : <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

MATHIAS, Jean-Denis, LADE, Steven et GALAZ, Victor, 2017. Multi-level policies and adaptive social networks – a conceptual modeling study for maintaining a polycentric governance system. *International Journal of the Commons*. 14 mars 2017. Vol. 11, n° 1, pp. 220-247. DOI 10.18352/ijc.695.

MAZOYER, Agnès, 1999. L'homme et le volcanisme en Toscane: la géothermie (Man and volcanism in Tuscany: the geothermal). *Bulletin de l'Association de géographes français*. 1999. Vol. 76, n° 4, pp. 341-347. DOI 10.3406/bagf.1999.2126.

MEILLEUR, Roxane, 2022. Partenariat, expertise du chercheur et visée émancipatoire: regard réflexif et analytique sur le récit d'une expérience de recherche collaborative. *Recherches qualitatives*. 2022. Vol. 41, n° 1, pp. 178. DOI 10.7202/1088800ar.

MERCIER, Carole, CHAILLEUX, Sébastien et ARNAULD DE SARTRE, Xavier, 2021. Évolution de la perception et de la gestion du sous-sol dans l'administration centrale française: vue de l'intérieur de Carole Mercier - Propos recueillis par Xavier Arnauld de Sartre et Sébastien Chailleux. *Natures Sciences Sociétés*. 2021. Vol. 29, pp. S81-S90. DOI 10.1051/nss/2021049.

MESSU, Michel, 2016. Le « terrain », mais pour quoi faire? *Cahiers de recherche sociologique*. 2016. N° 61, pp. 91-108. DOI 10.7202/1042370ar.

MEUNIER, Dominique, LAMBOTTE, François et CHOUKAH, Sarah, 2013. Du bricolage au rhizome : comment rendre compte de l'hétérogénéité de la pratique de recherche scientifique en sciences sociales? *Questions de communication*. 2013. Vol. 23, n° 1, pp. 345-366. DOI 10.4000/questionsdecommunication.8480.

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2020. *Stratégie française pour l'énergie et le climat Programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2023 2024-2028* [en ligne]. 21 avril 2020. Disponible à l'adresse : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf>

MISSAGHIEH--PONCET, Justin, 2019. « L'épreuve » de l'expert: enjeux de (re)-définition de la place de l'expert – le cas du projet pilote d'injection de CO₂ à la Chapelle-de-Rousse (64). Mémoire de master. Pau : Université de Pau et des Pays de l'Adour.

MORANGE, Marianne et SCHMOLL, Camille, 2016. *Les outils qualitatifs en géographie: méthodes et applications*. Malakoff : Armand Colin. Coursus. ISBN 978-2-200-60116-4. 910.7

NADAI, Alain, KRAUSS, Werner, AFONSO, Ana, DRACKLE, Dorle, HINKELBEIN, Oliver, LABUSSIÈRE, Olivier et MENDES, Carlos, 2015. A Comparison of the Emergence of Wind Energy Landscapes in France, Germany and Portugal. In : . pp. 133-144.

NADAI, Alain et LABUSSIÈRE, Olivier, 2010. Acceptabilité sociale et planification territoriale, éléments de réflexion à partir de l'éolien et du stockage du CO₂. In : *Captage et stockage du CO₂ Enjeux techniques et sociaux en France* [en ligne]. quae. pp. 45-60. [Consulté le 20 février 2019]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00562042>

NICOLAS CHARLES, DUPUY, Jean-Jacques, CHRISTMANN, Patrice, GALIN, Rémi et GUILLON, Diana, 2017. *Industrie minérale et activité minière en France* [en ligne]. [Consulté le 30 mai 2022]. La mine en France, 1. Disponible à l'adresse : https://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/documents/2021-01/tome_01_industrie_minerale_activite_minier_final24032017.pdf

OFFICE FÉDÉRAL DE L'ÉNERGIE, 2017. *Géothermie en Suisse, une source d'énergie polyvalente*. 1 février 2017.

O'NEILL, Rebeca Neri et NADAI, Alain, 2012. Risque et démonstration, la politique de capture et de stockage du dioxyde de carbone (CCS) dans l'Union européenne. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [en ligne]. 25 juin 2012. N° Volume 12 Numéro 1. [Consulté le 13 mai 2020]. DOI 10.4000/vertigo.12172. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/vertigo/12172>

OSTROM, Elinor, 2020. *Discours de Stockholm. En réception du Nobel d'économie 2009 - Elinor Ostrom*. C&F Editions. Interventions. ISBN 978-2-915825-98-5.

PAILLÉ, Pierre, 2011. Les conditions de l'analyse qualitative. Réflexions autour de l'utilisation des logiciels. *SociologieS* [en ligne]. 6 juillet 2011. [Consulté le 26 décembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/sociologies/3557>

PALIER, Bruno, 2010. Path dependence (Dépendance au chemin emprunté). In : *Dictionnaire des politiques publiques* [en ligne]. Paris : Presses de Sciences Po. pp. 411-419. Références. [Consulté le 12 juin 2022]. ISBN 978-2-7246-1175-5. Disponible à l'adresse : <https://www.cairn.info/dictionnaire-des-politiques-publiques--9782724611755-p-411.htm>

PARADEISE, Catherine, 1985. Rhétorique professionnelle et expertise. *Sociologie du travail*. 1985. Vol. 27, n° 1, pp. 17-31. DOI 10.3406/sotra.1985.1990.

POINSOT, Yves, 1996. L'évolution géographique récente du bassin de Lacq: redéploiement industriel et facteurs environnementaux / The recent geographical development of the Lacq basin: industrial restructuring and environmental factors. *Revue de géographie de Lyon*. 1996. Vol. 71, n° 1, pp. 55-64. DOI 10.3406/geoca.1996.4321.

QUÉRÉ, Louis, 2004. 4. *Pour un calme examen des faits de société* [en ligne]. La Découverte. [Consulté le 23 novembre 2021]. ISBN 978-2-7071-4421-8. Disponible à l'adresse : <https://www.cairn.info/a-quoi-sert-la-sociologie--9782707144218-page-79.htm>

RAFFESTIN, Claude, 1977. Paysage et territorialité. *Cahiers de géographie du Québec*. 1977. Vol. 21, n° 53-54, pp. 123-134. DOI 10.7202/021360ar.

RAFFESTIN, Claude, 2019. *Pour une géographie du pouvoir* [en ligne]. ENS Éditions. [Consulté le 13 juillet 2022]. ISBN 979-10-362-0113-4. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/enseditions/7627>

RATINAUD, Pierre et MARCHAND, Pascal, 2012. Application de la méthode ALCESTE aux « gros » corpus et stabilité des « mondes lexicaux » : analyse du « CableGate » avec IRAMUTEQ. . 2012. pp. 10.

RAUFFLET, Emmanuel, 2014. De l'acceptabilité sociale au développement local résilient. [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement* [en ligne]. 2014. Vol. 14, n° 2. [Consulté le 20 février 2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.erudit.org/en/journals/vertigo/2014-v14-n2-vertigo02323/1034688ar/abstract/>

RENNER, Ansel et GIAMPIETRO, Mario, 2020. Socio-technical discourses of European electricity decarbonization: contesting narrative credibility and legitimacy with quantitative story-telling. *Energy research and social science*. 1 janvier 2020. Vol. 59, pp. 101279. DOI 10.1016/j.erss.2019.101279.

RIOUFREYT, Thibaut, 2016. La transcription d'entretiens en sciences sociales. [en ligne]. 28 juin 2016. [Consulté le 3 juillet 2018]. Disponible à l'adresse : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01339474/document>

RIOUFREYT, Thibaut, 2018. La transcription outillée en SHS. Un panorama des logiciels de transcription audio/vidéo. *Bulletin of Sociological Methodology/Bulletin de Méthodologie Sociologique*. juillet 2018. Vol. 139, n° 1, pp. 96-133. DOI 10.1177/0759106318762455.

ROBBINS, Paul, 2012. *Political ecology: a critical introduction*. J. Wiley-Blackwell.

ROGELJ, J., SHINDELL, D., JIANG, K., FIFITA, S., FORSTER, P., GINZBURG, V., HANDA, C., KHESHGI, H., KOBAYASHI, S., KRIEGLER, E., MUNDACA, L., SÉFÉRIAN, R., VILARIÑO, M.V., MASSON-DELMOTTE, V., ZHAI, P., PÖRTNER, H.-O., ROBERTS, D., SKEA, J., SHUKLA, P.R., PIRANI, A., MOUFOUMA-OKIA, W., PÉAN, C., PIDCOCK, R., CONNORS, S., MATTHEWS, J.B.R., CHEN, Y., ZHOU, X., GOMIS, M.I., LONNOY, E., MAYCOCK, T., TIGNOR, M. et WATERFIELD, T., 2018. *Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development*. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. 2018.

- ROSENBLOOM, Daniel, BERTON, Harris et MEADOWCROFT, James, 2016. Framing the sun: A discursive approach to understanding multi-dimensional interactions within socio-technical transitions through the case of solar electricity in Ontario, Canada. *Research Policy*. 1 juillet 2016. Vol. 45, n° 6, pp. 1275-1290. DOI 10.1016/j.respol.2016.03.012.
- SCHÖPFEL, Joachim, 2015. Littérature «grise»: de l'ombre à la lumière. *I2D Information, donnees documents*. 3 avril 2015. Vol. Volume 52, n° 1, pp. 28-29.
- SEITZ, Sally, 2016. Pixilated partnerships, overcoming obstacles in qualitative interviews via Skype: a research note. *Qualitative Research*. avril 2016. Vol. 16, n° 2, pp. 229-235. DOI 10.1177/1468794115577011.
- SERRANO, Yeny, HEIMLICH, Christine, BODIN, Cyrille, CHAVOT, Philippe, MASSERAN, Anne et ZOUNGRANA, Jean, 2019. La géothermie profonde «n'est pas mûre»: parcours d'une formule-argument à l'Eurométropole de Strasbourg. *Mots. Les langages du politique*. 5 mars 2019. N° 119, pp. 51-67. DOI 10.4000/mots.24318.
- SHANKMAN, Neil A., 1999. Reframing the Debate Between Agency and Stakeholder Theories of the Firm. *Journal of Business Ethics*. 1999. Vol. 19, n° 4, pp. 319-334. DOI 10.1023/A:1005880031427.
- SMITH, Morton C., 1983. A history of hot dry rock geothermal energy systems. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 1 janvier 1983. Vol. 15, n° 1, pp. 1-20. DOI 10.1016/0377-0273(83)90093-8.
- SPIJKERBOER, Rozanne C., TURHAN, Ethemcan, ROOS, Andreas, BILLI, Marco, VARGAS-PAYERA, Sofia, OPAZO, Jose et ARMIERO, Marco, 2022. Out of steam? A social science and humanities research agenda for geothermal energy. *Energy Research & Social Science*. octobre 2022. Vol. 92, pp. 102801. DOI 10.1016/j.erss.2022.102801.
- STAUFFACHER, M., MUGGLI, N., SCLOBIG, A. et MOSER, C., 2015. Framing deep geothermal energy in mass media: The case of Switzerland. *Technological Forecasting and Social Change*. 2015. Vol. 98, pp. 60-70. DOI 10.1016/j.techfore.2015.05.018. Scopus
- SUBRA, Philippe, 2017. De Notre-Dame-des-Landes à Bure, la folle décennie des «zones à défendre» (2008-2017). *Hérodote*. 2017. Vol. 165, n° 2, pp. 11. DOI 10.3917/her.165.0011.
- SZARKA, Joseph, 2004. Wind power, discourse coalitions and climate change: breaking the stalemate? *European Environment*. 2004. Vol. 14, n° 6, pp. 317-330. DOI 10.1002/eet.367.
- TRUTNEVYTE, Evelina et WIEMER, Stefan, 2017. Tailor-made risk governance for induced seismicity of geothermal energy projects: An application to Switzerland. *Geothermics*. 1 janvier 2017. Vol. 65, pp. 295-312. DOI 10.1016/j.geothermics.2016.10.006.

VARGAS-PAYERA, Sofía, MARTÍNEZ-REYES, Amanda et EJDERYAN, Olivier, 2020. Factors and dynamics of the social perception of geothermal energy: Case study of the Tolhuaca exploration project in Chile. *Geothermics*. novembre 2020. Vol. 88, pp. 101907. DOI 10.1016/j.geothermics.2020.101907.

VIGOUR, Cécile, 2005. *La comparaison dans les sciences sociales: pratiques et méthodes*. Paris : Découverte. Guides Repères. ISBN 978-2-7071-4304-4. H61 .V53 2005

WOLSINK, Maarten, 2018. Social acceptance revisited: gaps, questionable trends, and an auspicious perspective. *Energy Research & Social Science*. décembre 2018. Vol. 46, pp. 287-295. DOI 10.1016/j.erss.2018.07.034.

YE, Jingzhong, VAN DER PLOEG, Jan Douwe, SCHNEIDER, Sergio et SHANIN, Teodor, 2020. The incursions of extractivism: moving from dispersed places to global capitalism. *The Journal of Peasant Studies*. 2 janvier 2020. Vol. 47, n° 1, pp. 155-183. DOI 10.1080/03066150.2018.1559834.

ZHANG, Yuliang et ZHAO, Gao-Feng, 2020. A global review of deep geothermal energy exploration: from a view of rock mechanics and engineering. *Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources*. mars 2020. Vol. 6, n° 1, pp. 4. DOI 10.1007/s40948-019-00126-z.

ZIMMERER, Karl S. et BASSETT, Thomas J. (éd.), 2003. *Political ecology: an integrative approach to geography and environment-development studies*. New York : The Guilford Press. ISBN 978-1-57230-916-6. JA75.8 .P63 2003

ZITTOUN, Philippe, 2013. Entre définition et propagation des énoncés de solution. L'influence du discours en « action » dans le changement d'une politique publique. *Revue française de science politique*. 2013. Vol. Vol.63, n° 3-4, pp. 625-646. DOI 10.3917/rfsp.633.0625.

ZITTOUN, Philippe et CHAILLEUX, Sébastien, 2021. *L'État sous pression: enquête sur l'interdiction française du gaz de schiste*. Paris : Sciences po, les presses. Collection académique. ISBN 978-2-7246-2765-7. 338.272 850944

ANNEXE : LISTE DES PERSONNES INTERROGÉES

Voir pages suivantes.

Code entretien	Structure	Type de structure	Fonction	Date de l'entretien	Durée de l'entretien
Auvergne_Association	Association citoyens responsables des volcans	Association de riverains	Co-président	2021-05-26	00:25:12
Auvergne_Industriel	TLS Geothermics	Industriel – bureau d'études	Président de l'entreprise	2021-06-02	01:12:09
Parentis_NouvelleAquitaine	Région Nouvelle-Aquitaine	Collectivité	Chargée de mission « Filière énergie stockage »	2021-03-10	00:37:13
Parentis_Serriste	Tom d'Aqui	Industriel – producteur agricole	Gérant	2020-12-14	00:26:50
Parentis_Pétrolier	Vermillon	Industriel	Directrice HSE	2020-11-09	00:58:28
Pau_CAPBP	Agglomération de Pau Pyrénées	Collectivité	Chargée de mission	2020-11-10	00:26:21
Pau_PoleAvenia	Pôle Avenia	Pôle de compétitivité	Chargé de projets	2021-01-28	00:44:47
Pau_UPPA1	Université de Pau / LATEP	Laboratoire de recherche	Professeur des Universités en génie des procédés	2020-11-09	00:21:54
Pau_UPPA2	Université de Pau / IPRA – LFCR	Laboratoire de recherche	Maître de conférence en géologie	2021-02-04	Entretien informel
Pau_UPPA3	Université de Pau / IPRA – LFCR	Laboratoire de recherche	Professeur des Universités en géologie	2021-03-03	Entretien informel
Pau_UPPA4	Université de Pau / IPRA – LFCR	Laboratoire de recherche	Professeur des universités en sismologie	2022-03-16	Entretien Informel
Strasbourg_Arverne	Arverne Geothermie / Lithium de France	Industriel	Responsable du développement	2021-06-16	00:42:52
Strasbourg_Association1	Ccollectif Géothermie Eckbo Non Merci,	Association de riverains	Président de l'association	2021-05-13	01:34:00
Strasbourg_Association2	ARBRES	Association environnementaliste	Vice-président	2021-05-20	00:32:52
Strasbourg_Association3	ADIR (Robertsau)	Association de riverains	Président	2021-05-25	00:57:23
Strasbourg_Association4	ASsociation pour la Sauvegarde de l'environnement de la Robertsau	Association de riverains	Président	2021-05-27	00:37:45
Strasbourg_EMS	Eurométropole de Strasbourg	Collectivité	Élu EMS et responsable de la MIE	2021-10-28	00:54:45
Strasbourg_EOS T1	Université de Strasbourg / EOST	Laboratoire de recherche	Directeur	2021-05-21	01:07:09

Code entretien	Structure	Type de structure	Fonction	Date de l'entretien	Durée de l'entretien
Strasbourg_EOS T2	Université de Strasbourg / EOST	Laboratoire de recherche	Directeur de recherche	2021-06-15	01:05:40
Strasbourg_ES	Électricité de Strasbourg	Industriel	- Ingénieure géologue - directeur général adjoint	2022-06-27	00:57:08
Suisse_Académique	Université de Zurich	Laboratoire de recherche	Senior Researcher – Géographie	2021-09-29	Entretien informel
Suisse_Canton	Canton du Jura	Collectivité	Responsable à l'énergie	2021-09-21	01:09:00
Suisse_Industriel	Géo-Energie Suisse	Industriel	Chef de projet	2021-10-25	00:57:10
Suisse_OFEN	OFEN	Service fédéral	Spécialiste Énergies Renouvelables	2021-10-12	00:58:47
Suisse_ONGE1	WWF Suisse Jura	Association environnementaliste	Porte-parole	2021-10-04	00:41:10
Suisse_ONGE2	ProNatura Jura	Association environnementaliste	Porte-parole	2021-10-11	01:05:40
Suisse_ONGE3	Fondation Franz Weber	Association environnementaliste	Porte-parole	2021-11-17	00:17:03
TFR_ADEME	ADEME	Établissement public à caractère industriel et commercial	Chef de projet	2020-12-01	01:38:05
TFR_AFPG	Association française des professionnels de la géothermie	Association de professionnels	Président	2021-06-18	00:42:51
TFR_BRGM1	BRGM	Établissement public à caractère industriel et commercial	Ingénieure	2020-12-11	01:13:52
TFR_BRGM2	BRGM	Établissement public à caractère industriel et commercial	Chargée de communication	2021-02-12	00:40:45
TFR_DGEC1	Direction générale de l'énergie et du climat	Service ministériel	Chargée de mission	2020-11-10	01:07:37
TFR_DGEC2	Direction générale de l'énergie et du climat	Service ministériel	Chef de projet	2021-02-08	01:23:14
TFR_IFPEN1	IFPEN	Institut de recherche	Professeur IFP School	2021-02-04	00:42:47
TFR_IFPEN2	IFPEN	Institut de recherche		2021-03-02	00:21:00

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	4
Abstract.....	6
Remerciements.....	8
Liste des sigles, acronymes et abréviations.....	10
Sommaire.....	12
Introduction générale – Le difficile déploiement de la géothermie profonde.....	13
1. De l’acceptabilité sociale aux récits des alternatives : une transition écologique remettant en cause un modèle aménagiste.....	14
1.1. L’acceptabilité sociale, une notion régulièrement utilisée par les « praticiens ».....	14
1.2. Adopter une autre focale : de la politisation des enjeux aménagistes à la mise en concurrence d’une pluralité de récits de la transition énergétique.....	17
2. Extension spatiale et verticale de la géothermie dans un contexte de transition énergétique.....	21
2.1. L’apport des sciences sociales : le choix de la <i>Political Geology</i>	22
2.2. Une extension spatiale de la géothermie conduisant à la verticalisation des territoires.....	25
3. Problématique et hypothèses : territorialisation de la géothermie et verticalisation des territoires.....	29
3.1. Choix d’un cadrage théorique autour d’un triptyque crédibilité de la solution/légitimité territoriale/gouvernance.....	29
3.2. Problématiques, hypothèses et plan de la thèse.....	36
Première partie – Étudier le sous-sol : une approche inspirée de la <i>Political Geology</i>	41
Chapitre 1 – Le sous-sol dans la transition énergétique.....	43
1. La transition énergétique en France et Suisse : deux trajectoires différentes, l’un avec, l’autre sans nucléaire.....	44
1.1. France : une décarbonation, avec un poids prépondérant du nucléaire.....	44
1.2. Suisse : vers une sortie du nucléaire ?.....	49
1.3. Des promesses aux réalisations : une difficulté de territorialisation des projets énergétiques.....	51
2. La place ambiguë du sous-sol.....	53
2.1. Le sous-sol dans la transition : de problème à solution ?.....	53
2.2. Les filières du sous-sol : existantes en France, mais absentes en Suisse.....	58
2.3. Les promesses du sous-sol : quels sont les retards de déploiement ?.....	64
3. Comprendre les difficultés de déploiements : une politisation d’une nouvelle filière ?.....	66
3.1. Promesses sociotechniques : résoudre des problèmes par la technique.....	66
3.2. Au-delà de la promesse : la difficile structuration d’une filière.....	68
Chapitre 2 – Cadre théorique : politisation du sous-sol et construction sociotechnique des projets industriels.....	75
1. La <i>Political Geology</i> ou la construction sociale et politique du sous-sol.....	77
2. Comment étudier des acteurs et la technique ?.....	84
2.1. Études des sciences et des techniques : quand la technique est un objet politique....	85

2.2. Sociologie de la traduction : une mise en réseau des humains et des non-humains.	89
2.3. Vers une démocratie technique? Une discussion sur la place publique des technologies.....	92
3. La régulation du sous-sol en question.....	96
3.1. Le cadrage des politiques publiques : une approche discursive.....	97
3.2. Une différence d'échelle de régulation du sous-sol entre la France et la Suisse.....	99
4. Proposition d'un cadre d'analyse.....	103
Chapitre 3 – Cadre méthodologique : une approche qualitative et comparative.....	117
1. La démarche suivie : une approche qualitative et réflexive.....	118
1.1. Prise de recul avec le projet GÉFISS : « trouver sa place » au sein d'un projet de recherche pluridisciplinaire financé pour partie par des crédits privés.....	119
1.2. Le choix d'articuler différentes méthodes.....	124
1.2.1 Une approche par les entretiens semi-directifs.....	124
1.2.2 Une approche par la lexicométrie de la revue de presse.....	127
1.2.3 Une approche documentaire de la littérature grise.....	128
2. Le choix des terrains et la recherche en temps de pandémie.....	129
2.1. Une comparaison d'études de cas.....	130
2.2. Faire de la recherche en temps de pandémie : le terrain à distance.....	132
3. Le choix des acteurs et les entretiens réalisés.....	136
3.1. Élaboration d'une grille « type ».....	136
3.2. Présentation des acteurs interviewés et déroulement des entretiens.....	138
Seconde partie – L'extension des frontières de la géothermie hors des bassins sédimentaires	145
Chapitre 4 – Caractérisation de la géothermie et son développement en France et en Suisse.	147
1. Grands principes de fonctionnement de la géothermie profonde.....	148
1.1. Principes généraux de fonctionnement de la géothermie profonde et de la « géothermie améliorée ».....	148
1.2. Genèse et développement de la technologie : du <i>Hot Dry Rock</i> à l' <i>Enhanced Geothermal System</i>	150
1.3. L'EGS, une notion peu stabilisée et discutée par les différents acteurs.....	153
2. Le développement de la géothermie en France et en Suisse.....	161
2.1. La géothermie en France : du choc pétrolier de 1973 au renouveau des années 2010.....	161
2.1.1 Les prémisses du développement de la géothermie.....	161
2.1.2 1970-1990 : les premiers développements, pour faire face aux chocs pétroliers.	162
2.1.3 1990-2012 : une période de reflux.....	166
2.1.4 2012-2019 : développement d'une géothermie électrogène.....	169
2.1.5 Depuis 2019 : une géothermie tournée vers la chaleur et le lithium.....	171
2.2. La géothermie profonde en Suisse : sortir du nucléaire post-accident de Fukushima.....	178
3. Les systèmes d'acteurs autour de la géothermie.....	187
3.1. Le système d'acteurs en France.....	187
3.2. Le système d'acteurs en Suisse.....	193

Chapitre 5 – Présentation des terrains d'étude : une diversité de configurations de géothermie profonde.....	199
1. La géothermie comme prétexte de pérennisation de l'activité pétrolière : Parentis-en-Born.....	203
1.1. De la recherche du pétrole dans les années 1950.....	203
1.2. ... Au développement de la géothermie à la fin des années 2000.....	204
1.3. Un projet participant au développement économique ?.....	208
1.4. La géothermie, un « verdissement » de l'extraction pétrolière ou une reconversion économique ?.....	209
2. Une géothermie fondée sur un contexte faillé.....	215
2.1. Saint-Pierre-Roche : une géothermie sur failles crustales.....	215
2.1.1 Un projet de géothermie électrogène, en mobilisant les failles crustales.....	218
2.1.2 Un projet qui génère localement une opposition ?.....	220
2.2. La géothermie en Alsace : un territoire où la géothermie est prépondérante.....	223
2.2.1 L'Alsace, un territoire avec une trajectoire sociotechnique ancienne.....	226
2.2.2 La centrale de Vendenheim : de la mise en place du projet à Port-aux-Pétroles à l'arrêt administratif du projet.....	230
2.2.3 Les autres projets en Alsace : de l'électricité (ÉS) à la chaleur (Lithium de France).....	232
3. La promesse d'une géothermie indépendante de la configuration du sous-sol.....	234
3.1. Pau : la promesse d'un puits universel.....	235
3.1.1 La région de Pau : une trajectoire sociotechnique ancienne centrée sur le sous-sol.....	235
3.1.2 Les prémices du développement de la géothermie à Pau.....	238
3.1.3 FONGEOSEC : la promesse de géothermie universelle et de structuration d'une filière de la géothermie profonde électrogène.....	239
3.2. Haute-Sorne : un modèle répliquable dans toute la Suisse ?.....	247
3.2.1 Un projet géothermique à stimulation multi-étapes et avec des drains horizontaux.....	247
3.2.2 Chronologie du projet.....	250
Chapitre 6 – L'acceptabilité sociale n'est qu'une partie du problème.....	263
1. En amont : une expression de la part des populations lors de l'enquête publique.....	269
1.1. Un projet qui n'est pas remis en question : l'exemple de Pau.....	269
1.2. Une contestation du projet sur des critères environnementaux et paysagers : l'exemple de Saint-Pierre-Roche.....	271
1.3. L'opposition à un projet, par crainte d'un risque industriel : l'exemple de Port-aux-Pétroles.....	282
2. La prise en compte des parties prenantes : démocratie technique ou procédure contre un « risque social » ?.....	287
2.1. La mise en place de commissions avec des associations environnementalistes : l'exemple de Haute-Sorne.....	287
2.2. Quand la discussion avec des porte-paroles institutionnels n'a pas permis d'anticiper l'émergence d'une opposition : l'exemple de Saint-Pierre-Roche.....	294
3. Une remise en question du projet après un séisme : l'exemple de l'Alsace.....	302

3.1. Première séquence (24 septembre-1 décembre) : des premiers séismes.....	307
3.2. Seconde séquence (4-10 décembre) : l'épicentre du séisme.....	308
3.3. Troisième séquence (11 décembre-14 janvier) : les conséquences immédiates du séisme.....	311
Conclusion – Dépasser l'acceptabilité sociale : regarder les causes et non pas les symptômes	313
Troisième partie – Quand la politisation se fait par la verticalisation d'un nouvel usage.....	315
Chapitre 7 – À la recherche d'un modèle technico-économique.....	317
1. Les difficultés technico-économiques inhérentes au sous-sol : incertitude et « dérisquage ».....	318
1.1. Le sous-sol, un milieu incertain nécessitant le truchement onéreux de la technique	318
1.2. Des fonds de garantie pour assurer l'absence d'une ressource suffisante.....	321
2. La force de la promesse – l'importance des crédits de recherche.....	324
2.1. Des promesses techno-scientifiques pour répondre à des enjeux techniques.....	324
2.2. ... se finançant à l'aide des crédits de recherche.....	327
2.3. ...et s'inscrivant au sein de stratégies industrielles.....	330
3. À la recherche d'un nouveau modèle économique : de l'arrêt de soutien à la géothermie électrogène à l'eldorado du lithium.....	333
3.1. La chaleur, une énergie contrainte pour un usage de proximité ?.....	334
3.2. Produire de l'électricité pour rentabiliser la chaleur ?.....	335
3.3. Le lithium, eldorado ou mirage de la géothermie ?.....	340
Chapitre 8 – Quand la terre tremble : comment les séismes construisent-ils les territoires verticaux ?.....	349
1. Quand la terre tremble à Strasbourg et à Bâle, ou quand la géothermie génère des séismes	350
1.1. De la Corée du Sud à la Suisse : comment les séismes influencent-ils les débats ?...	351
1.2. Strasbourg : quand les séismes rentrent dans le débat public.....	354
2. Du côté des populations : une prise de conscience par les populations du sous-sol.....	365
2.1. Comment la prise de conscience du sous-sol construit-elle les territoires verticaux ?	365
2.2. Une préoccupation territorialisée du sous-sol.....	368
3. Du côté des institutions : comment la controverse alsacienne est révélatrice d'une désorganisation involontaire de l'État ?.....	370
3.1. Comprendre le sous-sol – un rapport de tierce expertise remis en question.....	372
3.2. Surveiller le sous-sol – un manque de surveillance de la part de la DREAL ?.....	376
3.3. Contrôler le sous-sol – Agir ou ne rien faire : quel rôle des pouvoirs publics en cas de séisme ?.....	378
Chapitre 9 – La place du sous-sol dans les institutions publiques : de la démocratie technique locale aux jeux d'acteurs pluriscalaires.....	389
1. Démocratie verticale : quand les séismes modifient les politiques locales de transition énergétique.....	391
1.1. Une controverse autour des séismes conduisant à faire une démocratie technique et à esquisser un commun énergétique territorial.....	391

1.2. Quel usage du sous-sol dans le cadre de la transition énergétique ?.....	398
2. Une capacité de pilotage difficile du sous-sol.....	404
2.1. Gouverner le sous-sol : jeux d'échelles, entre local et national.....	405
2.1.1 Le cas de la Suisse : une incongruité entre les échelles locales et nationales.....	405
2.1.2 Le cas de la France : la gouvernance du sous-sol, sous le prisme d'une tension entre l'échelle locale et l'échelle nationale.....	409
2.2. « <i>Le sous-sol, ce n'est pas la priorité</i> » : Une réorganisation de l'État français ayant fait perdre des compétences sous-sol ?.....	412
Conclusion générale.....	423
1. Le déploiement d'une technologie redéfinissant la relation avec le milieu « sous-sol »....	423
2. Une extension de la géothermie et une (re)mobilisation du sous-sol dans un contexte de transition énergétique.....	426
3. La géothermie, interface entre les milieux surfacique et souterrain.....	429
4. Une construction incomplète des territoires verticaux.....	432
5. Limites et perspectives.....	433
Bibliographie.....	436
Annexe : Liste des personnes interrogées.....	453
Table des matières.....	456
Index des figures.....	461

INDEX DES FIGURES

Figure 1: Interactions entre les différentes composantes.....	30
Figure 2: Territoires verticaux.....	83
Figure 3: Schéma de territorialisation.....	105
Figure 4: La territorialisation des projets.....	109
Figure 5: Déroulé de l'analyse de presse.....	128
Figure 6: Schéma de fonctionnement de la géothermie profonde.....	149
Figure 7: Publicisation de la géothermie profonde.....	176
Figure 8: Thématiques du corpus de presse.....	177
Figure 9: Projets de géothermie en Suisse.....	180
Figure 10: Frise chronologique des projets de géothermie.....	186
Figure 11: Localisation des terrains d'études.....	201
Figure 12: Carte de localisation de Parentis-en-Born.....	202
Figure 13: Carte de localisation de Saint-Pierre-Roche.....	217
Figure 14: Médiatisation du projet de Saint-Pierre-Roche.....	221
Figure 15: Typologie des journaux pour le projet de Saint-Pierre-Roche.....	222
Figure 16: Les projets de géothermie en Alsace.....	225
Figure 17: Usage du sous-sol dans la région de Pau.....	237
Figure 18: Schéma de puits du projet FONGEOSEC, d'après Fonroche.....	241
Figure 19: Chronologie de la publication des articles – Pau.....	246
Figure 20: Typologie des journaux publiant les articles – Pau.....	247
Figure 21: Principe de fonctionnement du pilote de Haute-Sorne.....	250
Figure 22: Principaux journaux publiant les articles – Haute-Sorne.....	258
Figure 23: Matrice des publications – Haute-Sorne.....	259
Figure 24: Chronologie de la publication des articles – Haute-Sorne.....	259
Figure 25: Dendogramme du corpus global.....	276
Figure 26: AFC du sous-corpus « Riverains ».....	276
Figure 27: Dendogramme du sous-corpus « riverains ».....	276
Figure 28: AFC du sous-corpus « associations ».....	279
Figure 29: Dendogramme du sous-corpus « associations ».....	279
Figure 30: Les principaux journaux publiant les articles – séismes de décembre 2020.....	305
Figure 31: Matrice des publications – séismes de décembre 2020.....	306
Figure 32: Chronologie de la publication des articles, comportement le mot « lithium ».....	341
Figure 33: Échantillon de lithium issue des fluides géothermaux alsaciens – Photographie personnelle.....	342
Figure 34: Carte des principaux séismes à Strasbourg 2019-2021.....	358
Figure 35: La verticalisation des territoires.....	366

ÉCOLE DOCTORALE :
École Doctorale 481 Sciences Sociales et Humanités

LABORATOIRE :
UMR 6031 Transitions Énergétiques et Environnementales