



HAL
open science

La géothermie profonde améliorée est-elle une forme d'extractivisme vert ?

Justin Missaghieh-Poncet

► To cite this version:

Justin Missaghieh-Poncet. La géothermie profonde améliorée est-elle une forme d'extractivisme vert ?. 16e congrès national de l'AFSP, Association française de science politique, Jul 2022, Lille, France. hal-03724848

HAL Id: hal-03724848

<https://univ-pau.hal.science/hal-03724848>

Submitted on 15 Jul 2022

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

ST17 – Extractivismes verts : le gouvernement de la transition énergétique au ras du sol

La géothermie profonde améliorée est-elle une forme d'extractivisme vert ?

Justin Missaghieh--Poncet, Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, CNRS, TREE, Pau, France

Doctorant, justin.missaghieh-poncet@univ-pau.fr

I) Introduction : la géothermie profonde, un extractivisme vert ?

Le sous-sol a été, historiquement, le lieu de l'extractivisme, celui d'où étaient extraits des éléments produits au cours des temps géologiques (matériaux, minerais, charbon, hydrocarbures, combustibles radioactifs, etc.) pour une utilisation immédiate qui n'assurait pas le renouvellement de ces biens (notamment parce qu'il a été décidé de les considérer comme inépuisables). La notion d'extractivisme est née de l'observation de l'exploitation du sous-sol. Mais la nécessité d'une transition énergétique décarbonée change radicalement, pour le sous-sol, la donne, tout à la fois parce que certains usages sont désormais à proscrire (les énergies fossiles), d'autres à intensifier (les minerais pour les technologies de transition), d'autres à réinventer (le stockage de gaz, notamment de nouveaux gaz) et d'autres à recréer (captage et stockage géologique du carbone, géothermie profonde). Ces technologies questionnent les usages du sous-sol. La question posée dans le cadre de cette session est de savoir si ces nouveaux usages redéfinissent la vocation extractiviste du sous-sol.

La question étant très large, nous allons nous centrer sur un usage du sous-sol dans la cadre de la transition énergétique, la géothermie profonde (aussi dite « améliorée »). Dans ce contexte, on peut se demander si la géothermie profonde est une forme d'extractivisme. En effet, si, *a priori*, elle utilise une chaleur renouvelable indéfiniment (issue du noyau terrestre), en ne prélevant pas de matière, on peut se demander si la géothermie peut présenter des dimensions propres à l'extractivisme.

Si l'aspect extractiviste reste à discuter, la dimension verte est indéniable : la géothermie fait l'objet de nombreuses promesses technoscientifiques, en se justifiant à chaque fois comme une énergie de choix dans la transition énergétique, c'est-à-dire en reconfigurant les systèmes sociotechniques de production et de consommation de l'énergie (Bouisset, Vaucelle 2020), s'inscrivant dans un récit de modernité écologique (Béal 2016). En outre, la chaleur est vue comme un substitut au pétrole (années 1970), l'électricité est vue comme alternative ou complémentaire au nucléaire. La découverte de lithium dans les fluides géothermaux fait en outre envisager aux acteurs industriels la possibilité de constituer une filière nationale d'approvisionnement en lithium pour la fabrication de batteries pour les véhicules électriques. Enfin, les industriels portant ces technologies sont soit des acteurs historiques, venant essentiellement du monde du pétrole ou des mines, soit des nouveaux entrants, tels que des électriciens ou des startups, qui aspirent à se placer en compétition avec les pétroliers. Il y a un enjeu de recombinaison de jeux d'acteurs autour de la géothermie, avec la mise en place de nombreuses stratégies.

Est-ce pour autant que cela fait de la géothermie une énergie renvoyant au régime extractif ? Ou alors la géothermie renvoie à une autre forme de régime ? Pour répondre à ces questions, dans cette communication, nous allons nous pencher plus particulièrement sur les différentes modalités d'extraction mise en œuvre et les modalités de « verdissement » mises en place : extraction de ressources sans extraction de matière (chaleur et électricité) ou sur la promesse d'extraction de

matière sans mines ouvertes (lithium). Nous nous appuyons pour cela sur un travail de terrain fondé sur l'étude de plusieurs projets en France métropolitaine et en Suisse romande.

II) Cadres conceptuels : sociologie de la promesse technoscientifique et Political Geology

L'extractivisme peut être défini comme 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). Sous l'effet d'une climatisation des politiques publiques (Aykut, Dahan Dalmedico 2015), il y a eu un « verdissement » de l'extractivisme, à travers l'exploitation de ressources dites renouvelables (Dunlap, Jakobsen 2020, p. 94).

Selon Mathilde Denoël (Alexandre et al. 2020, p. 396-398), l'extractivisme est un modèle de développement reposant sur l'exploitation et l'exportation de ressources naturelles ; cette dernière concerne tant les ressources non renouvelables (pétroles et minerais) que renouvelables, mais dont le rythme d'extraction empêche le renouvellement des ressources.

Sous la pression de la transition énergétique, on constate qu'il y a un nouvel usage du sous-sol. Cela s'inscrit le plus souvent dans une logique d'extractivisme vert, c'est-à-dire l'extraction de ressources « renouvelables », et qui se voudraient plus vertueuses que l'extractivisme « conventionnel » (Dunlap, Jakobsen 2020, p. 94). Cet extractivisme peut se présenter avec différentes caractéristiques :

« Ye et ses collègues (2019) énumèrent dix caractéristiques définissant l'extractivisme, impliquant (1) « la création d'un monopole sur les ressources » qui devient (2) « une imbrication entre les groupes de capitaux étatiques et privés ». Cela (3) nécessite le développement d'infrastructures (4) souvent contrôlées par un « centre opérationnel » qui (5) accumule la richesse générée. L'extractivisme déclenche alors (6) des inégalités qui (7) impliquent parfois divers degrés de remédiation par l'État à travers la redistribution. L'extraction, par-dessus tout (8) équivaut à une « production sans reproduction » – c'est-à-dire à la destruction – au milieu (9) de profits « en plein essor » qui (10) aboutissent à une « stérilité » socioécologique : des sociétés dégradées et des paysages ravagés. » [traduction] (Dunlap, Jakobsen 2020, p. 6)

L'extractivisme est ainsi marqué par une organisation monopolistique et centralisée ; par son financement, à travers un fort apport capitaliste, ainsi qu'à travers une imbrication entre des financements publics et privés ; par son appareillage technique, à travers la mise en place d'infrastructures coûteuses ; et par ses conséquences, à travers la destruction du milieu, notamment en ne renouvelant pas la ressource, et en générant des inégalités sociales et économiques, parfois compensées par l'État.

De manière complémentaire, pour permettre l'étude des milieux souterrains, nous fondons notre cadre théorique sur la *Political Geology* (Bobbette, Donovan 2019), qui se veut le pendant de la *Political Ecology* (Robbins 2012) appliqué au sous-sol. Ce courant propose le fait qu'il existe une interaction forte entre le politique et le sous-sol, qui subit l'influence des sociétés. Le sous-sol se politise, au fur et à mesure qu'il devient un objet de débat, notamment dans le cadre de la transition énergétique (Arnauld De Sartre, Chailleux 2021). Cette politisation est rendue possible à travers une réutilisation, en Europe, du sous-sol, après un abandon temporaire de l'exploitation des ressources fossiles (notamment le charbon), relégué à ce qui était aux marges du capitalisme (l'extraction pétrolière au Moyen-Orient). Néanmoins, selon ces auteurs, il y a un renouveau de l'usage du sous-sol, poussé par la transition énergétique : extraction de nouvelles ressources minérales (lithium, etc.), d'énergie (géothermie profonde), développement d'énergie de transition (houilles, gaz de schistes), ou du stockage d'énergie (gaz naturel, hydrogène) et de déchets (nucléaire, chimique, ou CO₂), suscitant des oppositions de riverains face aux nuisances, écologiques (pollutions notamment)

et politiques. Cette politisation du sous-sol peut être interprétée comme étant le capitalisme, sous l'effet d'une économie mondialisée et interconnectée, qui repousse les nouvelles frontières du sous-sol pour en extraire les ressources (Bobbette, Donovan 2019, p. 283).

Il peut être également être intéressant d'étudier l'évolution de cet extractivisme selon une perspective historique. En effet, la mise en place de cet extractivisme nécessite la construction d'objets sociotechniques (Callon 2013). On peut en effet considérer le sous-sol comme un ensemble d'arrangements d'objets techniques, mais aussi de discours et de pratiques, permettant de répondre à cette question : pourquoi creuser ici et pas ailleurs ? (Kinchy, Phadke, Smith 2018). Cela conduit notamment par la construction sociale et politique de la nature comme « ressource » (Bakker, Bridge 2006).

Dans le cas de la géothermie profonde, la mise en place de cette construction fait l'objet de recherche et de développement, avec souvent des financements publics allant dans ce sens, notamment des crédits de recherches, afin de maximiser l'extraction de la ressource, dans un maximum de lieux différents, tout en réduisant les coûts d'exploitation. Cela passe notamment par la mise en place de projets industriels pilotes, qui vont développer tel ou tel aspect de l'extraction. Il est fait usage régulier de promesses technoscientifiques (Joly 2013), c'est-à-dire de promesses d'un monde meilleur grâce à l'innovation technologique, mais aussi la mobilisation d'une rhétorique faisant appel à un certain nombre de valeurs, ici, la promesse d'un monde soutenable, ainsi qu'une énergie abondante (Ejderyan, Ruef, Stauffacher 2020).

De ce fait, sous la pression de la transition écologique, il est recherché de nouvelles ressources, notamment dans le sous-sol. La *Political Geology* permet d'aborder la question de ces nouvelles ressources, ainsi que de considérer le sous-sol comme un objet politique, étant mis en débat, notamment la place qu'il occupe dans la transition énergétique. Cette politisation est rendue possible en Europe, à travers remobilisation du sous-sol pour de nouveaux usages, jugés comme « verts », c'est-à-dire posténergies fossiles. Cette exploitation peut être lue sous le prisme de l'extractivisme, c'est-à-dire l'exploitation d'une ressource sans en assurer son renouvellement. Néanmoins, il est nécessaire d'également l'étudier sous le prisme de nouveaux objets sociaux techniques, et notamment à travers leurs promesses technoscientifiques, promettant de pousser toujours plus loin les possibilités d'extraction.

À l'aune de ces différents éléments, et en nous fondant sur une catégorisation synthétisée de Ye *et al.*(2020), nous pouvons tirer des critères qui permettraient de définir, ou du moins discuter, du caractère extractiviste de ces exploitations, en nous posant plusieurs questions. Nous rajoutons également une dimension concernant la promesse technoscientifique, qui, bien ne concernant pas directement l'aspect extractiviste, peut néanmoins permettre de qualifier un caractère capitaliste de la technologie.

- Sur la matérialité de l'extraction : est-ce qu'on est dans une situation d'extraction d'une ressource sans en assurer son renouvellement, et qui dégrade son milieu ? (critères 9, 10)
- Création de monopoles : crée-t-on un monopole sur les ressources, contrôlé par un « centre opérationnel » accumulant les richesses générées ? (critère 1, 4, 5)
- Sur le financement des infrastructures : est-il mis en place des infrastructures coûteuses d'exploitation ? La mise en place de ces infrastructures dépend-elle de financements étatiques et privés ? (critères 2, 3)
- Sur les conséquences sociales : assiste-t-on à la mise en place d'inégalités, avec une éventuelle compensation de la part de l'État ? (critères 6 et 7)

- Sur les discours autour des projets : est-on dans un régime de la promesse d'une extraction toujours plus abondante de la ressource, dans une logique de « production sans reproduction » (critère 8) ?

III) Terrains : des exemples de variations de l'utilisation du sous-sol dans le cadre de la géothermie

III.A) Quelques éléments contextuels

III.A.1) Quelques considérations techniques

Avant d'aborder la question de la géothermie profonde, il peut être nécessaire d'avoir quelques éléments sur son fonctionnement. Le principe technologique est fondé sur la communication en profondeur entre deux puits (appelés *doublet*). Un puits, dit de « production », va aller récupérer un fluide en profondeur (entre 2000 à 5000 mètres), qui est réchauffé par la chaleur naturellement présente dans le sous-sol, et issue du noyau terrestre. Cette chaleur va soit être utilisée directement via un échangeur de chaleur, soit être transformée en électricité via une machine à cycle organique de Rankine. Le fluide est ensuite réinjecté par le second puits. Si récupération de lithium il y a, elle se fait par un ensemble de traitement de la saumure¹. Lorsque le sous-sol n'est pas suffisamment perméable (c'est-à-dire fracturé/poreux, comme pourraient l'être les bassins sédimentaires, comme le Bassin parisien) pour permettre la circulation de l'eau, et son réchauffement, il est procédé à un ensemble de techniques, chimiques et mécaniques, pour permettre une meilleure fracturation. La géothermie est alors dite « améliorée » (*enhanced geothermal system, EGS*).

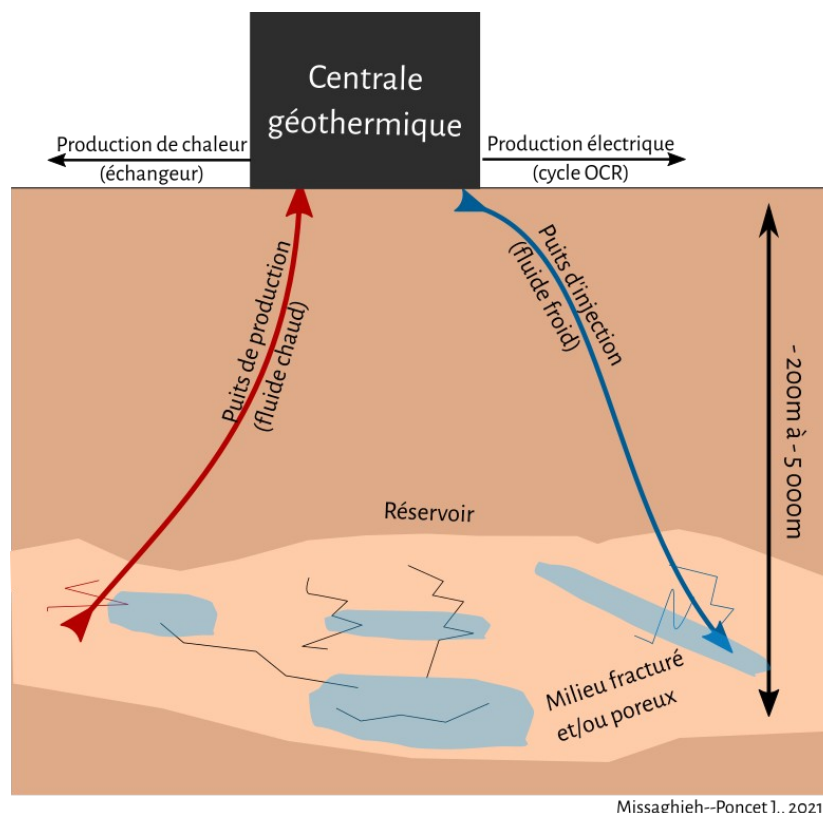


Figure 1: Schéma simplifié du fonctionnement de la géothermie profonde

1 <https://www.brgm.fr/fr/reference-projet-acheve/eugeli-extraction-lithium-partir-saumure-geothermale-europe>

III.A.2) Le développement de la géothermie profonde en France et en Suisse

La géothermie profonde s'est développée en France, et plus particulièrement dans le Bassin parisien, après le choc pétrolier de 1973 (ADEME, G2H Conseils 2016). Elle a particulièrement été implantée dans la « banlieue rouge »², permettant le développement de réseaux de chaleur urbains bon marché (Marrec 2018). Après une période de reflux durant les années 1990 et 2000, notamment suite au contrechoc pétrolier, la géothermie profonde connaît un retour en 2013, avec l'accord de plusieurs permis exclusifs de recherche. Il s'agit cependant d'une technologie considérablement modifiée : elle se développe dans des contextes géologiques différents de ceux du Bassin parisien, nécessitant une adaptation technologique conséquente.

Très coûteuse, cette technologie n'est pas rentable pour la simple production de chaleur, mais aussi doit-elle être associée à d'autres énergies. Dans les années 2010, il s'agissait de produire de l'électricité avec l'eau chaude et d'injecter la chaleur dans des réseaux de chaleur. Néanmoins, le tarif de rachat préférentiel de l'électricité, qui en assurait la rentabilité, est abandonné en 2019, remettant en cause cette stratégie industrielle. Cette même année, est découverte dans les fluides géothermaux alsaciens la présence de lithium. La filière développe alors des pilotes permettant d'extraire cette ressource, en faisant la promesse de « mines du futur ». Nonobstant la réalisation de cette possibilité, le passage d'un coproduit (l'électricité) à l'autre (le lithium) destiné à en assurer la rentabilité alors même que la production n'est pas effective nous place dans un régime d'ingénierie de la promesse, où la technologie est justifiée pour répondre aux besoins du moment.

La Suisse, de son côté, a connu des développements ponctuels et avortés de projets de géothermie, comme à Bâle (2006) et à Saint-Gall (2013). Néanmoins, une filière d'une géothermie électrogène émerge dans la décennie 2010, suite au projet de loi *Stratégie énergétique 2050*, initié après l'incident de Fukushima, et voté par référendum en 2017. Cette loi planifie une sortie progressive du nucléaire, et son remplacement par un mix d'énergies renouvelables, dont la géothermie.

2 Cette expression correspond à la ceinture de communes au Nord et à l'Est de Paris, constitué principalement de grands ensembles, et qui votaient majoritairement PCF depuis les années 1950.

III.B) Présentation des différents terrains

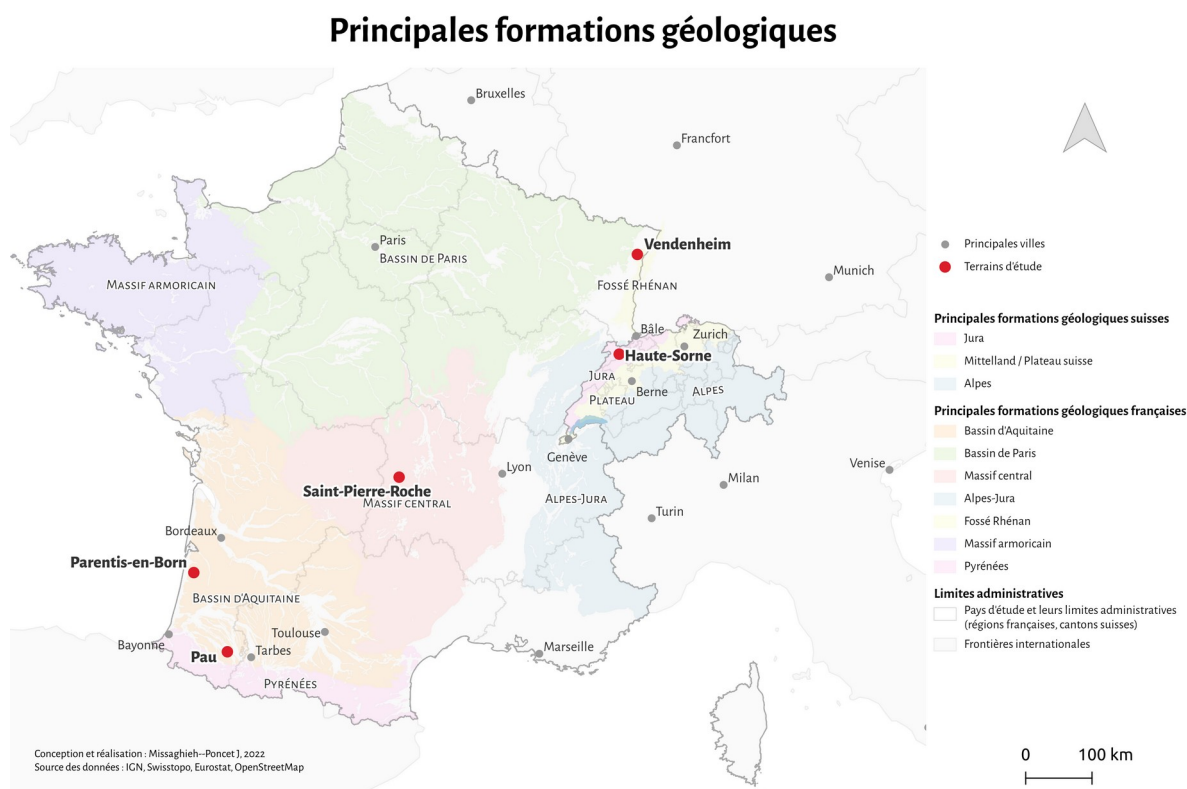


Figure 2: Carte de localisation des différents terrains d'étude

Les différents terrains présentés présentent des contextes géologiques, et techniques différentes. Si historiquement, la géothermie profonde s'est développée dans le bassin parisien (en vert), l'étude des permis exclusifs de recherches montre une extension vers d'autres régions géologiques : bassin d'Aquitaine, Massif central, fossé rhénan. Mis à part le Massif central, le choix d'exploration du sous-sol pour la géothermie est hérité de la prospection pétrolière. En effet, durant cette période, de nombreux sites, et notamment au sein des bassins parisien et aquitain ont été forés et cartographiés dans les années 1950 et 1960, comme cela a été le cas dans la région de Pau. Si, comme c'est classique en matière d'exploration pétrolière, certains puits se sont révélés « secs » en pétrole, en ne trouvant que des nappes d'eau chaude à la place des hydrocarbures, les industriels se sont replongés dans les archives pour identifier les sites adéquats pour une activité géothermale. Le choix du Massif central et du fossé rhénan se fonde sur des caractéristiques particulières : les failles crustales pour le cas auvergnat, et une anomalie thermique (la chaleur est plus facilement accessible) pour le cas alsacien.

Ces différentes configurations géophysiques se traduisent à travers des modalités d'exploitation différentes.

III.C) Parentis-en-Born : la géothermie comme justification de la pérennisation de l'activité pétrolière

Parentis-en-Born est un des « hauts-lieux » de l'extraction pétrolière en France métropolitaine. Un gisement est découvert en 1954 par la Standard Oil, et une concession fut accordée par l'État à Esso-Standard SAF en 1955, pour une durée de 50 ans (Di Méo, Houtmann 1973, p. 19; Enjalbert 1957). En 1996, la société Esso cède à l'entreprise canadienne Vermillon ses titres miniers à Parentis, avec en 2005 un renouvellement de la concession, jusqu'en 2031.

En 2006, l'entreprise Vermillon souhaite valoriser l'énergie fatale (la chaleur) issue de l'extraction pétrolière, notamment dans une logique de « *développement durable* » (entretien avec une responsable à Vermillon). En effet, l'exploitant puise à 2500 mètres un fluide contenant 2 % de pétrole (le reste étant une eau saumâtre), à une température de 55 degrés°. Après extraction du pétrole (par décantation), le fluide y est réinjecté. La chaleur est récupérée grâce à un échangeur de chaleur mis en place sur le circuit.

Le pétrolier a alors démarché un certain nombre d'acteurs pour trouver un débouché. Ils ont finalement trouvé un agriculteur hollandais, Tom d'Aqui, qui souhaite produire quinze hectares de tomates sous serres. Si une rétribution par l'agriculteur était prévue à l'origine, la chaleur est fournie finalement de manière quasiment gracieuse :

« On a mis à disposition ces calories pour un cout très très modique, finalement, qui prévoit finalement les frais opérationnels de notre côté, donc c'est vraiment un montant symbolique à l'année [...] Puisque vu qu'on chauffe avec de la géothermie, il n'y a pas besoin de gaz fossile pour chauffer ses serres. » (Entretien avec Vermillon)

Pour le pétrolier, il y a un accord « gagnant-gagnant », permettant de fournir une énergie bon marché. Si pour l'agriculteur, cela lui apporte un gain économique, il en tire également un gain symbolique. Ainsi, il a une posture réflexive et critique, voyant également une manière d'améliorer son image :

« 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. » (Entretien avec Tom d'Aqui)

Ainsi, pour le serriste, la mise en place de ce projet permet également d'améliorer son image, notamment dans une industrie fortement consommatrice en énergie, pour maintenir les serres à une température adéquate, et où l'utilisation d'une énergie renouvelable permet de « verdir » son image. Néanmoins, au-delà du simple partenariat local, il y a aussi un enjeu de justification de l'activité pétrolière, dans un contexte de remise en cause institutionnel :

« 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. 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. [...] 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. » (Entretien avec Vermillon)

Pour le pétrolier, la condition *sine qua non* de la production géothermale est l'exploitation pétrolière : la géothermie étant une industrie couteuse, elle pourrait être « subventionnée » par le pétrole. D'un autre côté, on peut également voir que la géothermie peut être un argument pour que l'industriel maintienne son activité économique, en dépit d'une politique publique demandant d'arrêter la production des hydrocarbures. Le pétrolier multiplie ce genre d'initiatives : ainsi, le même procédé est utilisé dans un écoquartier à La Teste-de-Buch, à Arcachon.

Dans notre cas d'étude, est-ce qu'on est dans une forme d'extractivisme vert ?

- Concernant l'extraction matérielle, nous avons bien une extraction matérielle d'une ressource : le pétrole est physiquement prélevé, sans avoir un renouvellement possible (ou sur un temps géologique). Néanmoins, notre objet d'étude est ici la géothermie et pas le pétrole (qui est extractiviste). Cependant, l'exploitation géothermale est intrinsèquement liée à l'exploitation pétrolière, et sans cette dernière, il n'est pas possible d'avoir une activité géothermale. Dans le cadre de la géothermie, il n'y a donc pas d'extraction matérielle, uniquement de la chaleur, renouvelée continuellement.
- Concernant la mise en place de monopoles, si une concession est cédée par l'État, cela s'inscrit dans un contexte de compétition importante entre différentes entreprises.
- Concernant le financement des infrastructures, il y a certes une mise en place une infrastructure lourde et couteuse (construction de puits et l'appareillage d'extraction), néanmoins, le financement est entièrement privé, du fait de la rentabilité de l'opération.
- Concernant la question des inégalités, ici, il est difficile de voir si des inégalités ont été générées. En effet, durant la seconde moitié du XXe siècle, les travailleurs des entreprises pétrolières ont eu un salaire plus élevé que les moyennes régionales. De même, les communes ont bénéficié de redevances constituant une part non négligeable des revenus des municipalités (Di Méo, Houtmann 1973). Néanmoins, dans le cadre de la géothermie, le seul effet est la mise en place d'une activité économique agricole, avec la création d'emplois associés.
- Concernant le discours, l'usage de chaleur n'est qu'un prétexte pour pérenniser une activité décriée (l'exploitation pétrolière), en présentant une énergie « propre » (la géothermie) comme dépendante des hydrocarbures. Sur les différents critères identifiés concernant l'extractivisme, seul le critère d'une ressource non renouvelé rentre dans le cadre de l'extractivisme vert. Les autres critères ne sont pas dans la définition.

Que nous apprend l'exemple de Parentis ? L'extraction de ressources non renouvelables, comme ici le pétrole, peut être couplée avec l'extraction de ressources renouvelables, la chaleur. Ce couplage entre deux productions peut servir un argumentaire justifiant le « verdissement » de l'exploitation pétrolière, à travers l'association de deux types d'exploitation : puisque l'exploitation pétrolière est décriée, elle est rendue indispensable pour permettre la production d'une énergie « verte », afin de perpétuer le pétrole. Dans ce cas, il s'agit surtout d'agir sur l'image du pétrole par la géothermie ; mais on peut imaginer une rentabilisation des puits par l'exploitation de la chaleur, qui couplerait plus encore cette géothermie avec l'extraction pétrolière.

III.D) Une électricité abondante et des centrales déployables un peu partout : l'exemple des projets pilotes à Pau, Saint-Pierre-Roche et en Haute-Sorne

Au tournant des années 2010, la géothermie s'est tournée vers la production électrogène. Le Plan pluriannuel de l'énergie de 2016-2018³ prévoyait une production électrique de 53 MW en 2023 (contre 8 MW en 2018). En Suisse, le développement de la géothermie électrogène est aussi encouragé par l'échelon fédéral pour remplacer le nucléaire. Si la géothermie électrogène est particulièrement développée dans des contextes volcaniques (par exemple, la station de Bouillante, en Guadeloupe), il n'existe qu'une seule centrale en France métropolitaine à Soultz-sous-Forêts, issue de projets de recherche et maintenant à la propriété d'Électricité de Strasbourg. Un certain nombre de projets se développent, nous notamment sous forme de prototypes industriels. Les industriels vont alors bénéficier de financements publics, dans une optique de recherche et développement (financement PIA pour la France, subventions fédérales pour la Suisse), dans une optique d'optimiser la recherche et la captation de chaleur dans des contextes géologiques non sédimentaires. L'objectif est ainsi de venir récupérer un fluide suffisamment chaud (environ 150°), pour permettre une conversion en électricité. Plusieurs artéfacts techniques et stratégies vont alors se mettre en œuvre.

À Pau, le projet est porté par Fonroche, une entreprise d'éclairage solaire qui s'est diversifiée dans les énergies renouvelables⁴. Il devait se développer initialement un projet en boucle fermée et en monopuits, avec une centrale produisant 5,5 MW d'électricité. Il a reçu une aide PIA de 27 millions d'euros, pour développer un démonstrateur devant être « *utilisable sur la quasi-totalité du globe, indépendamment du sous-sol* » (dossier de présentation de l'enquête publique en 2013). Si ce projet est relativement ancien, l'enquête publique date de 2013, ce projet est a été suspendu, jusqu'à être totalement abandonné en début d'année 2021, suite à une série de séismes qu'a connu l'industriel à Strasbourg. Le projet a connu de nombreuses critiques de la part du monde industriel, notamment sur la perte thermique induite par le monopuits.

À Saint-Pierre-Roche, le projet est porté par TLS Geothermics, un bureau d'étude, ainsi que Storengy. Il a été fait le choix d'utiliser des failles déjà existantes, en visant spécifiquement les zones de failles crustales, qui présentent un certain nombre d'anomalies thermiques. Ce type de procédé, selon l'industriel, permet de se passer de la technologie EGS et de la stimulation hydraulique. Selon eux, ce type de milieu est suffisamment répandu pour permettre une réplification du modèle. Les premiers forages ont commencé en 2022.

En Haute-Sorne, dans le Jura suisse, le projet est porté par un conglomérat de différents énergéticiens suisses sous la bannière de Geo-Energie Suisse, qui a voulu mutualiser les compétences techniques. L'innovation technique se fondait sur le développement de techniques de forage particulières, avec la mise en place de forages horizontaux en utilisant la stimulation multiétapes. L'objectif est de développer un projet pilote en Haute-Sorne, puis de développer ce modèle sur l'ensemble du Plateau suisse (région géologique comprise entre le Jura et les Alpes, composée de plaines et de collines). Au titre de projet pilote, il a reçu des subventions importantes de la part de la Confédération (90 millions de francs au total), qui ont été augmentées à plusieurs reprises. Le projet a été décrié localement, notamment sur le plus sismique, avec une forte opposition locale, et ayant conduit à une judiciarisation du conflit, allant jusqu'au tribunal fédéral. Suite au séisme de Pohang (Corée du Sud) en 2017, le Canton a demandé une expertise pour savoir si un risque similaire était possible. Il s'en est suivi un durcissement des normes pour réduire les

3 <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PPE%20oint%C3%A9gralit%C3%A9.pdf>

4 Avec une filiale de panneaux photovoltaïques, vendu en 2017, une filiale de géothermie profonde et une filiale biogaz ayant été vendu en 2021 à Total.

risques sismiques. On assiste donc à une tension entre un échelon local, et notamment une association d'opposants contre le projet, et un échelon fédéral qui souhaite le développement de la géothermie profonde en Suisse, afin de poursuivre sa politique de transition énergétique, voté par référendum.

Est-ce que, selon notre grille de lecture, ces projets de « géothermie améliorée » sont des formes d'extractivisme vert ?

- Concernant le critère de la matérialité de l'extraction, il est prélevé uniquement que de la chaleur, et donc est virtuellement infinie. Néanmoins, la question de la dégradation du milieu peut se poser, notamment à travers le risque sismique que cela peut générer. À titre d'exemple, Strasbourg a connu une série de séismes induits entre 2019 et 2021, avec notamment un séisme de magnitude 3.9 en juin 2021⁵, ou un séisme de magnitude 5,4 à Pohang (Corée du Sud) en 2017, ou 3,6 à Bâle, en 2006. Ainsi, le risque de dégradation est plutôt hypothétique, du fait de l'incapacité à prédire un séisme, et ponctuel, c'est-à-dire en surface.
- Concernant la création de monopoles, il est difficile de pencher en ce sens. En effet, à Strasbourg, deux entreprises construisent des centrales à quelques kilomètres de distance : Fonroche et Électricité de Strasbourg. La présence d'une seule entreprise dans les autres cas n'est pas forcément dû à un monopole, mais au fait que la filière est encore jeune, et que de nouveaux acteurs n'ont pas forcément encore eu le temps de s'installer.
- Concernant le financement des infrastructures, nous sommes dans un contexte de projets pilotes, avec de nombreux crédits de recherche pour permettre le financement de projets pilotes : dans le cas de Pau et de la Haute-Sorne, nous avons ainsi des infrastructures financées partiellement par le public, notamment avec des crédits recherche et développement, au titre du soutien à l'innovation industrielle.
- Concernant la mise en place d'inégalités sociales, il est difficile de juger, du fait de la primeur des projets, peu ayant abouti pour l'instant. Au contraire : que cela soit à Pau ou à Strasbourg, il y a un discours politique promouvant un réseau de chaleur permettant d'avoir une énergie bon marché, et donc ayant une vocation sociale.
- Concernant les discours, nous voyons à travers ces exemples que la croyance technologique est forte, avec une promesse d'une primauté de la technologie sur tout le reste, et plus particulièrement avec la promesse de s'affranchir des conditions géologiques. Les différents projets montrent des promesses technoscientifiques plus ou moins tenues. Tous ont cherché, par des procédés différents, à extraire de la chaleur, dans une volonté de développer un modèle facilement déployable à grande échelle.

Est-ce que ces différents projets sont une forme d'extractivisme ? On ne peut pas conclure en ce sens. En effet, il n'y a pas d'extraction de matières et les conséquences environnementales, à travers la sismicité, sont inhérents aux activités du sous-sol. Nous sommes dans un modèle concurrentiel entre différents acteurs, avec un État qui souhaite encourager l'innovation technologique à travers des prêts ou des subventions de projets de recherche. Il est difficile en ce sens de distinguer la géothermie d'autres projets de modernisation écologique.

5 <https://renass.unistra.fr/fr/evenements/fr2021gthfmw/>

III.E) Alsace : la promesse de l'extraction du lithium « sans mines »

En fin d'année 2019, il a été découvert du lithium dans les fluides géothermaux en Alsace. L'annonce a fait l'objet d'une médiatisation importante et d'un certain enthousiasme dans les milieux industriels. Le discours que portent les industriels s'axe sur la nécessité de produire du lithium pour les batteries de voitures électriques, mais aussi de développer une filière nationale, au nom de la « souveraineté » :

« 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, ils sont trustés par les Chinois pour à peu près 80 %, [...], donc on a plutôt à avoir un peu de souveraineté dans ce domaine-là. Dans des pays comme l'Europe, parce que sinon, on est un peu trop dépendant. » (Entretien avec l'AFPG, l'association représentative des industriels de la géothermie)

« On parle beaucoup de voitures électriques, mais les batteries qui tournent au lithium, il y a des besoins qui peuvent être conséquents, les besoins risquent d'exploser dans les années à venir. Donc ce lithium il va falloir le produire, est-ce qu'on essaye d'avoir une autonomie stratégique [...] On a des ressources en France, je pense qu'il faut... on a perdu cet esprit minier, mais je pense qu'il y a quelque chose à retrouver. [...] si on peut profiter de la présence d'un puits géothermique et du lithium qui remontent dans ces eaux-là, faisons-le. » (Entretien avec le Pôle de compétitivité Avenia)

Le lithium est ainsi perçu comme un nouveau marché, une nouvelle possible d'extraction de ressources. Il est mis en exergue une compétition internationale pour l'accès aux ressources, avec notamment une dépendance importante vis-à-vis de la Chine, mais aussi permettre de développer l'industrie de la voiture électrique. Néanmoins, selon ces industriels, il y a une volonté de produire du lithium de manière « qualitative », en opposition à ce qui est fait en Chine, en procédant à des manières « propres » :

« 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 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 voir européens. Et ça, en respectant des conditions environnementales tout à fait satisfaisantes. » (Entretien avec Lithium de France)

Une opposition est ainsi faite entre la production « mine ouverte » ou « géothermale », notamment en se basant sur les conditions environnementales de production. Néanmoins, ce type de production est, au moment où les entretiens ont été réalisés, qu'à l'état de promesse technoscientifique :

« 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, des capacités d'extraire du lithium dans peu de temps » (Entretien avec l'AFPG)

« On est en stade, effectivement, du prototypage industriel, et pas encore de l'unité industrielle d'extraction. Donc nous on est encore en phase d'évaluation et de benchmark des différentes

technologies qui existent sur le marché, plusieurs acteurs, qui se proposent des prestations pour l'extraction du lithium. Donc c'est des technos qui sont encore en phase de tests, absolument. »
(Entretien avec Lithium de France)

De l'aveu de différents acteurs, le développement de l'extraction de lithium à partir des fluides géothermaux n'est qu'encore hypothétique, et n'est encore qu'à l'échelle de prototype industriel, malgré une espérance placée dans cette forme d'extraction. Le lithium est ainsi vu, malgré son hypothétique possibilité de déploiement industrielle, comme un moyen de rentabiliser la mise en place de centrales géothermiques, suite à l'abandon du rachat préférentiel de l'électricité issue par cette technologie.

Est-ce qu'on est dans le cas d'un extractivisme vert ?

- Concernant la matérialité de l'extraction, nous avons un prélèvement de matière, à travers la filtration des fluides géothermaux, afin d'en tirer du lithium. Néanmoins, l'impact physique est limité, et est en tout point égal à celui d'une exploitation géothermique classique, le processus d'extraction ayant lieu à la surface. Autrement dit, nous devons nuancer : bien qu'il y ait extraction de lithium, il n'y a pas mis en place de mines conventionnelles.
- Il n'y a pas de monopoles mis en place, plusieurs acteurs se mettant à la recherche du lithium, particulièrement en Alsace. Nous sommes là aussi dans un contexte de concurrence entre différents acteurs.
- Concernant les financements des infrastructures, comme dans le cas de projets pilotes, elles dépendent de financements publics, à travers le financement de plusieurs projets de recherche.
- Concernant les inégalités, l'extraction étant encore en phase d'expérimentation, il est difficile d'en voir les effets.
- Le discours associé est celui de l'abondance, à travers la promesse d'une autosuffisance en production de lithium.

De ce fait, de la même manière que les projets-pilotes, on n'est pas dans un cas d'extractivisme vert, les différents critères n'étant pas satisfaits.

IV) Conclusion-Discussion : Au-delà du lithium, est-ce que la géothermie profonde est une forme d'extractivisme vert ?

Est-ce que la géothermie est une forme d'extractivisme vert ? On avait défini l'extractivisme vert comme l'extraction d'une ressource sans en assurer le renouvellement, et en exportant la ressource. Ce mode d'extraction concentre les richesses, au détriment de conséquences sociales et environnementales importantes.

La nature « verte » de l'activité géothermale est démontrée. En effet, elle porte un discours d'une technologie renouvelable, qui sans cesse réadapte son discours en fonction des crises. Elle rentre dans le paradigme de la modernisation écologique, en tant que technologie verte. Si le développement de la géothermie profonde dans les années 1970-1980 était orienté vers une logique économique (remplacer l'énergie fossile dont dépendait la France) et sociale (fournir un chauffage bon marché), le développement à partir des années 2010, marqué par les Grenelles de l'Environnement, a pris part à une *climatisation* (Aykut, Dahan Dalmedico 2015) des discours par différents acteurs. Ce discours est assumé, avec parfois même une posture réflexive, critique. En tant qu'activité capitaliste, nécessitant des investissements conséquents (chaque forage coûte

plusieurs dizaines de millions d'euros), il y a une volonté de « retour sur investissement ». Cela se traduit par une adaptation permanente de la justification de l'activité, à chaque fois qu'une crise a lieu : l'abandon du tarif de rachat préférentiel de l'électricité géothermale au sein de la programmation pluriannuelle de 2020 a conduit un certain nombre d'acteurs industriels à réorienter leur modèle économique, tant la production de chaleur n'est pas rentable en tant que telle, et n'est pas compétitif face à d'autres types d'énergie, notamment issue des énergies fossiles. De ce fait, la production électrique est justifiée comme une énergie « renouvelable », « sans intermittence » et quasiment « infinie », elle paraît providentielle, et est une bonne alternative (ou complémentaire ?) à l'énergie nucléaire. L'extraction du lithium des fluides paraît comme une alternative « propre » face aux mines ouvertes, sans compter la justification qu'elle est une des conditions du développement de la voiture électrique (et donc là encore « propre »). Par l'ensemble de la rhétorique utilisée, en s'appuyant notamment sur des argumentaires invoquant la science et la technologie comme moyen de résolution de la crise écologique, la géothermie profonde s'inscrit parfaitement au sein du récit de la modernisation écologique (Béal 2016).

Pour autant, bien que la nature « verte » de la géothermie soit démontrée, est-elle une forme d'extractivisme ? Nous pouvons résumer, à l'aune de notre grille d'analyse, nos différents projets :

Archétype de géothermie/dimension de l'extraction	Covalorisation d'extraction pétrolière	Projets pilotes	Lithium issu des fluides géothermaux
Matérialité de l'extraction	Extraction de pétrole et de chaleur	Extraction de chaleur (= sans matérialité) MAIS risques sismiques	Extraction de lithium, mais sans conséquences physiques autre que celle d'une centrale géothermique classique
Création de monopoles	Non	Non : plusieurs entreprises à proximité à Strasbourg, projets trop récents dans les autres sites	Non, plusieurs entreprises sont à l'œuvre.
Financement des infrastructures	Financement uniquement privé	Financement public (crédit recherche) et privé	Financement public (crédit recherche) et privé
Conséquences sociales	Pas de paupérisation de la population, bien au contraire : des salaires en moyenne plus élevés et des communes bénéficiant de redevances liées à l'extraction pétrolière. Concernant la géothermie : création d'une activité économique agricole avec des emplois	Pas de conséquences du fait que les projets ne sont pas encore en service. Au contraire : discours d'une énergie bon marché dans les réseaux de chaleur à Pau et Strasbourg.	Pas de conséquences du fait que les projets ne sont pas encore en service.
Discours associé	Justification de la pertinence de l'extraction pétrolière	Promesse technoscientifique d'une implantation indépendamment du contexte géologique	Promesse d'une abondance et d'une autosuffisance

Nous pouvons ainsi questionner l'application de l'extractivisme au sein de la géothermie. La question de la matérialité est le premier critère que nous avons questionné. Si dans certains cas nous avons une extraction de matière, tels que le pétrole ou le lithium, nous pouvons questionner l'extraction de chaleur, plus immatérielle. De même, l'extraction de lithium est en soi à nuancer, les conséquences physiques étant semblables à celles de l'extraction de chaleur. Ainsi, la notion d'extraction de matière ne peut s'appliquer que dans le cas de la covalorisation chaleur/pétrole, du fait de l'extraction du pétrole, retombant dans un modèle plus classique d'extractivisme. Néanmoins, si on regarde en termes de conséquences, la question de la sismicité comme modification des milieux peut rentrer éventuellement dans cette définition de dégradation de milieu, même si cela reste à discuter.

Dans les différents cas étudiés, il n'y a pas de mise en place de monopoles : nous sommes au contraire dans un contexte de concurrence entre différents acteurs. La présence d'un seul acteur sur un territoire est purement fortuite, car d'autres acteurs se sont positionnés pour faire de la prospection.

La question du financement des structures est également à questionner. En effet, si les infrastructures sont coûteuses, comme l'ensemble des opérations dans le sous-sol, le financement par le public est essentiellement des crédits de recherche, et non pas des entreprises avec une forte participation de l'État dans son capital. Il en découle la question des acteurs qui mettent en œuvre cette technologie. Si l'État est plus ou moins volontariste dans le développement de la technologie, avec un fort soutien en Suisse, et un soutien beaucoup plus modéré en France, son rôle n'est pas prépondérant comme il l'est usuellement d'écrit dans la littérature à propos du « néo-extractivisme ». En effet, nous sommes dans une logique de « pilotage à distance », à travers le financement de projets de recherche et de développement (Bezès 2018, p. 408). Le rôle de l'État est donc en retrait, pouvant aider au développement et à l'organisation d'une filière industrielle. Ce développement est porté par des outils de planification (en France, à travers la Stratégie nationale bas carbone et les plans pluriannuels de l'énergie) et des agences (ADEME en France, Office de l'énergie en Suisse). Cependant, le portage des projets de géothermie est porté essentiellement par des acteurs privés, avec des capitaux privés, même si, comme en Suisse, cela peut être des regroupements d'entreprises de services cantonaux.

La question des inégalités est difficile à trancher. En effet, elle a parfois au contraire permis un enrichissement local, à travers des salaires plus élevés et des rétributions importantes pour les communes. D'autres fois, l'effet est nul ou difficilement quantifiable, du fait que les projets ne sont pas encore rentrés en exploitation.

Finalement, le discours associé est certainement le plus intéressant. En effet, on retrouve un discours classique capitaliste, visant à accroître sans cesse les possibilités d'extraire des ressources existantes ou en promesses, s'inscrivant, de ce fait, dans une logique de l'économie de la promesse (Joly 2013). Cette économie de la promesse est marquée par une volonté de « verdir » la production énergétique, à travers un discours d'abondance.

Si, au premier abord, on avait pu penser que la géothermie pouvait relever du régime de l'extractivisme, il est difficile de parler d'extractivisme *stricto sensu* vu la faible matière prélevée, la ressource visée étant principalement de la chaleur produite continuellement par le noyau terrestre. Les dégradations environnementales se limitent à de la sismicité induite. Les conséquences sociales sont faibles, voire positives. On n'est pas dans un contexte de monopole, mais au contraire de forte concurrence entre les différents acteurs. On s'aperçoit que la mobilisation du sous-sol avec la géothermie peut être faite sur un mode qui ne relève pas de l'extractivisme, mais du régime de la modernisation écologique. Cette catégorie est alimentée par un régime de promesses, fondé sur une

volonté d'extraire des ressources sans extraction de matière, justifiant ainsi une inscription dans une économie verte.

De ce fait, la géothermie illustre un exemple de mobilisation du sous-sol, sans pour autant rentrer dans la catégorie de l'extractivisme. On peut affirmer que, au contraire, la géothermie permet d'illustrer la réinvention de l'extractivisme vert au sein de la modernité écologique, à travers une internalisation des critiques. Cette insertion au sein de la modernité écologique (voir notamment les travaux de Vincent Béal (2016) concernant la caractérisation de la modernité écologique) est illustrée par les différents critères que nous avons identifiés. Cela est rendu notamment possible grâce à une mobilisation rhétorique de l'innovation technologique pour résoudre les enjeux environnementaux. Il y a ainsi un basculement dans le système : l'extraction des ressources cherche à être renouvelable, en minimisant les impacts. Il y a un changement dans les structures économiques, passant d'un système monopolistique à un système de marché et de mise en concurrence entre les acteurs. Si l'extractivisme est marqué par une imbrication des capitaux publics et privés, on voit ici que les moyens publics sont au service du privé, en finançant le développement technologique. Finalement, et cela reste partiellement hypothétique due au manque de recul, si on n'assiste pas à un enrichissement (des industriels) sans paupérisation (des populations).

Extractivisme vert	Modernité écologique
Extraction sans renouvellement	Extraction avec renouvellement
Destruction de l'environnement	Minimisation des impacts
Monopole	Marché et concurrence entre les acteurs
Imbrications des capitaux publics et privés	Acteurs publics au service du privé
Génère des inégalités	Enrichissement sans paupérisation ?

Contrairement à une intuition préalable, et après une étude de différents cas, nous ne pouvons pas dire que la géothermie profonde rentre dans la définition d'un extractivisme vert. En effet, les différents critères définissant l'extractivisme ne correspondent pas à la géothermie. Néanmoins, cette technologie s'inscrit dans la modernité écologique. Cet exemple nous montre qu'il peut exister des modalités différentes d'exploitation du sous-sol. La modernité écologique permet une internalisation, certes imparfaite, des critiques faites à l'extractivisme vert, permettant à ce dernier de se réinventer.

Références

- 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>
- ALEXANDRE, Frédéric, ARGOUNÈS, Fabrice, BÉNOS, Rémi, BLANCHON, David, BLOT, Frédérique, CHANTELOUP, Laine, CHEVALIER, Émilie, GUYOT, Sylvain, HUGUET, Francis, LEBEAU, Boris, MAGRIN, Géraud, PELLETIER, Philippe, REDON, Marie, ROUSSEL, Fabien, SUERRA, Alexis et SOTO, Didier, 2020. *Dictionnaire critique de l'anthropocène*. Paris : CNRS. ISBN 978-2-271-12427-2.
- 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>
- 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>
- BAKKER, Karen et BRIDGE, Gavin, 2006. Material worlds? Resource geographies and the 'matter of nature'. *Progress in Human Geography*. février 2006. Vol. 30, n° 1, pp. 5-27. DOI 10.1191/0309132506ph588oa.
- BÉAL, Vincent, 2016. La modernisation écologique. . 2016. pp. 223.
- BEZES, Philippe, 2018. *Réforme de l'État* [en ligne]. Presses de Sciences Po. [Consulté le 22 mars 2022]. ISBN 978-2-7246-2310-9. Disponible à l'adresse : <https://www.cairn.info/dictionnaire-d-economie-politique--9782724623109-page-402.htm>
- 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
- 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>
- CALLON, Michel, 2013. 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>
- 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.
- 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.
- 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.
- 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/rgpso.1957.1437.

Congrès AFSP Lille 2022

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.

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>

ROBBINS, Paul, 2012. *Political ecology: a critical introduction*. J. Wiley-Blackwell.

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.