



HAL
open science

Sols et sous-sols dans les STS : technosciences et mise au travail des entités souterraines

Brice Laurent, Julien Merlin, Germain Meulemans

► To cite this version:

Brice Laurent, Julien Merlin, Germain Meulemans. Sols et sous-sols dans les STS : technosciences et mise au travail des entités souterraines. Soraya Boudia; Ashveen Peerbaye. Sciences et techniques en sociétés, ISTE Editions, pp.211-226, 2024, 978-1-78948-191-4. hal-04739043

HAL Id: hal-04739043

<https://hal.science/hal-04739043v1>

Submitted on 16 Oct 2024

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.

Sols et sous-sols dans les STS : technosciences et mise au travail des entités souterraines

Brice LAURENT¹, Julien MERLIN² et Germain MEULEMANS³

¹ i3-CSI, PSL, Paris, France

² Lab CRIGEN, ENGIE, Stains, France

³ Centre Alexandre-Koyré, CNRS, Paris, France

Introduction

Les ambitions de transition écologique et énergétique mettent aujourd'hui en lumière le rôle central des sites de production et d'extraction de ressources naturelles, et contribuent à associer les sols et les sous-sols à des questions techniques, scientifiques, économiques et politiques. De ce fait, les sols et sous-sols font l'objet d'un intérêt récent de la part des études des sciences et des techniques (*science and technology studies*, STS). En dialogue avec diverses approches de sciences sociales qui se sont intéressées à ces environnements, particulièrement dans les pays du Sud, les STS fournissent des outils théoriques et méthodologiques pour analyser les connaissances et les pratiques matérielles et sociales associées aux sols et sous-sols. Cette analyse s'avère cruciale pour comprendre nombre de problèmes contemporains. D'une part, les sols et sous-sols sont des lieux où se concentrent des problèmes environnementaux en lien avec les activités productives. C'est ce que mettent en évidence les travaux récents consacrés aux controverses liées à l'usage du sous-sol (Kinchy *et al.* 2018), aux résidus (Gramaglia 2020 ; Boudia *et al.* 2021), et plus généralement aux « ruines » laissées par les activités industrielles (Tsing *et al.* 2017). D'autre part, à la suite des recherches de Maria Puig de la Bellacasa (2015), des travaux situés à l'intersection des STS et de l'éthique environnementale

(Krzywoszynska et Marchesi 2020 ; Salazar *et al.* 2020) ont montré en quoi les sols et sous-sols pouvaient être considérés comme des impensés du paradigme productiviste, dans la mesure où ils fournissent les ressources nécessaires à la production agricole et industrielle sans que leur accessibilité et leur fragilité ne soient problématisées.

Certains travaux adoptant une perspective historique ont à ce titre montré comment l'essor et le déclin de certaines ressources du sous-sol ont participé de façon considérable à la transformation des sociétés occidentales et de leurs systèmes politiques. Par exemple, Mitchell (2009) décrit comment l'exploitation du charbon a permis l'émergence d'une capacité d'agir pour les mineurs et ouvriers occidentaux, ensuite mise à mal par l'essor des ressources pétrolières. Dans le même temps, de plus en plus de travaux consacrés aux sciences et aux modes de gouvernement du sol – la mince surface vivante et fertile de la terre – questionnent le caractère évident de la fonction du sol en tant qu'arrière-plan matériel inerte de l'histoire humaine qui, à elle seule, serait dynamique et créative (Krzywoszynska et Marchesi 2020 ; Meulemans et Granjou 2020 ; Salazar *et al.* 2020). C'est donc bien en prenant en compte l'agentivité propre des sols et des sous-sols que les problématisations modernistes du développement technologique peuvent être déplacées. Ainsi, Puig de la Bellacasa (2015) montre comment le sol met en échec les épistémologies occidentales dominantes, notamment à cause de leur temporalité propre, qui ne cadre pas avec le récit d'un progrès se déployant dans une temporalité unidirectionnelle.

Dans ce contexte, des travaux récents montrent que les sols et sous-sols ne sont pas des contextes passifs sur lesquels se déploieraient des pratiques économiques et sociales, mais bien des éléments déterminants des questions contemporaines, qu'elles soient relatives aux problèmes environnementaux, aux projets industriels, aux inégalités économiques et environnementales, ou encore aux tentatives de réinvention des systèmes productifs. Comme l'affirment certains chercheurs du

domaine (Kinchy *et al.* 2018), les STS peuvent ainsi fournir des apports déterminants à l'étude des sols et des sous-sols, en mettant en lumière l'imbrication entre la production de connaissances sur les sols et sous-sols et les organisations économiques et sociales, entre perpétuation des approches productivistes et potentielles transformations. Cette imbrication peut se repérer dans différents sites, que nous détaillons dans les sections suivantes, qui traversent une série de problématiques étudiées par les STS, en commençant par celles qui examinent l'ancrage historique des questions liées aux sols et aux sous-sols. Nous commençons par exposer les relations entre la critique des sciences des sols et des sous-sols et les questions (post)coloniales. Dans une seconde section, nous présentons les travaux qui ont analysé la transformation des sols et des sous-sols en ressource. Enfin, une dernière section nous permet d'introduire les questions soulevées par la mobilisation des sols et des sous-sols à l'heure des transitions.

Critique des sciences des sols et des sous-sols, questions coloniales et postcoloniales

En comparaison avec d'autres enjeux environnementaux tels que la gestion de la faune sauvage, la pollution atmosphérique ou les politiques de l'eau, les sols et les sous-sols sont longtemps restés relativement absents des recherches en sciences sociales, et *a fortiori* des recherches en STS. Une exception à cela est fournie par les études en écologie politique et en histoire environnementale, qui ont formulé une critique des approches technocratiques de conservation des sols et de lutte contre l'érosion à partir des années 1970. Depuis les grandes tempêtes de poussière du *Dust Bowl*, qui ravagèrent le Midwest américain dans les années 1930, la thématique de l'érosion des sols fait l'objet d'une forte attention internationale aux niveaux scientifique et technique. En effet, il avait été démontré que le *Dust Bowl* avait été provoqué par des méthodes agricoles qui, si elles avaient fait leurs preuves sur les sols profonds de l'Europe et de la côte est des États-Unis, n'étaient pas adaptées aux fragiles limons des grandes prairies

américaines. Ainsi, les Américains développèrent, dans les années qui suivirent, un service de conservation des sols et plusieurs instituts techniques qui avaient pour mission de mieux comprendre les processus physiques menant à l'érosion des sols et d'orienter les pratiques agricoles de manière qu'elles ne mettent pas ce « capital » en péril (Masutti 2012).

Après la Seconde Guerre mondiale, les approches scientifiques de l'érosion des sols furent largement exportées autour du monde, notamment dans le Sud global, où plusieurs puissances coloniales avaient développé leurs propres programmes de conservation des sols. Cependant, ces approches reposaient presque exclusivement sur l'étude des processus physiques du sol et en ignoraient les aspects socio-économiques (Showers 2006). Dans les années 1980, le géographe Piers Blaikie (Blaikie 1985 ; Blaikie et Brookfield 1987) a développé une critique de ces approches naturalistes et néomalthusiennes de l'érosion, en cherchant à situer ce processus dans une compréhension plus large des dynamiques foncières et des transformations socio-économiques des mondes paysans du Sud. Ainsi, Blaikie a montré qu'au Népal et dans plusieurs pays d'Afrique, la modernisation agricole et la mondialisation des échanges agro-alimentaires avaient accéléré la privatisation de terres autrefois communes, ce qui avait contraint les agriculteurs les plus pauvres à défricher des sols plus fragiles et à concentrer leurs efforts sur des tâches immédiatement productives. On considère aujourd'hui que les travaux de Blaikie sur l'érosion des sols ont jeté les bases de l'écologie politique moderne (Leach et Mearns 1996). Ces travaux ont constitué un important corpus d'analyses critiques des discours scientifiques dominants sur l'érosion, qui en font soit une lecture en termes purement physiques, comme un résultat de paramètres climatiques et pédologiques défavorables, soit en termes purement agronomiques, comme le résultat des « mauvaises pratiques » des paysans locaux.

Plus récemment, des approches d'écologie politique liant géographie sociale et histoire des sciences, et mobilisant parfois directement les sciences du sol dans une perspective alternative

(Winiwarter 2014), ont mis au jour le rôle des savoirs scientifiques sur les sols pendant et après la période coloniale dans l'élaboration de politiques technocratiques de conservation inadaptées, qui ont été imposées aux populations autochtones, ont invisibilisé les pratiques et savoirs locaux et ont souvent servi de justification à l'accaparement des meilleures terres agricoles (Beinart et Hughes 2007 ; Toussaint 2018). Le cas de la France est particulièrement représentatif du développement d'une science coloniale promouvant de nouvelles pratiques de « mise en valeur » (Sarraut 1923) des sols et sous-sols, notamment à travers une politique d'inventaires et de prospections des ressources, et de la mobilisation de savoirs occidentaux dans l'objectif de faire entrer les sols et sous-sols coloniaux dans l'économie nationale (Bonneuil 1990). Ainsi, dans une étude de l'évolution des idées sur la formation des sols tropicaux en géomorphologie, le géographe Chris Duvall (2011) a montré comment les représentations des ferricretes d'Afrique de l'Ouest (des sols particulièrement riches en fer) dans la pédologie coloniale étaient en accord avec l'idée, très répandue chez les forestiers coloniaux du début du xx^e siècle, que c'étaient les agriculteurs et les éleveurs africains qui avaient dégradé la végétation et les sols du continent. Même si elle était fondée sur des preuves scientifiques minces, et qu'elle a été contestée dès le départ, cette notion a persisté pendant une grande partie du xx^e siècle parce que, selon Duvall, « la représentation des ferricretes comme des sols endommagés a naturalisé l'idée que les techniques européennes de gestion des ressources devaient être imposées pour mettre fin à la dégradation environnementale supposément causée par la gestion indigène des terres » (Duvall 2011, p. 123).

Des observations similaires se retrouvent dans les travaux sur l'exploitation du sous-sol et l'économie des ressources minérales. Ainsi, ceux consacrés à la circulation du capital et à sa concentration dans des espaces bien délimités (Ferguson 2005 ; Appel 2012) montrent comment les pratiques extractives sont des composantes centrales dans des organisations politiques et économiques fondées sur le maintien d'inégalités fortes, qui

reposent non seulement sur des frontières matérielles et réglementaires, mais aussi sur la force et la violence (pour maintenir les frontières de l'enclave minière et/ou réserver les infrastructures aux besoins de l'extraction). Les STS proposent des apports en prolongement de ces travaux, en analysant les conflits relatifs aux connaissances produites et mobilisées par les acteurs experts, industriels ou locaux, et leurs conséquences sur la stabilisation ou la déstabilisation des identités individuelles et collectives. Ainsi, les controverses concernant la fracturation hydraulique aux États-Unis ont pu être étudiées par des chercheurs qui ont mis en évidence les mobilisations sociales contestant ces pratiques (Eaton et Kinchy 2016), ainsi que l'émergence de « sciences citoyennes » visant à élaborer et à légitimer des savoirs alternatifs à ceux des instances de régulation gouvernementales (Jalbert *et al*, 2014). L'exemple de la Nouvelle-Calédonie est parlant à cet égard. Il permet de souligner les transformations de la revendication indépendantiste, alors que des mouvements kanaks intègrent la critique environnementale, en s'appuyant notamment sur les connaissances qu'ils produisent, ainsi que sur des formes d'organisations collectives et de revendications identitaires impulsées par des réseaux internationaux de défense des droits autochtones (Merlin 2014). L'exemple calédonien montre également l'imbrication étroite entre les oppositions relatives aux formes de capitalisation des entreprises minières, entre participation publique et investissement international, et la question du futur institutionnel du territoire (Le Meur 2017 ; Demmer 2018 ; Laurent et Merlin 2022).

Ces travaux invitent à interroger le rôle des sciences des sols et sous-sols dans la perpétuation des dynamiques coloniales et postcoloniales. Les STS, en dialogue avec une littérature issue de l'anthropologie et des études postcoloniales, contribuent à mettre en évidence l'imbrication entre les savoirs de la géologie ou de la pédologie, les pratiques de l'extraction (au sens large) et l'entreprise coloniale (Yusoff 2018), mais aussi la reconstruction de relations asymétriques entre les acteurs privés internationaux et les pays du Sud où se situent les ressources. Ce dialogue offre de nombreuses pistes pour

repenser des impératifs historiques, tels que la « mise en valeur », comme une façon de politiser le territoire et la diversité des « valeurs » (économiques ou non) qui lui sont associées (Laurent et Merlin 2022), pour interroger les effets d'injustices économiques et environnementales liés à certaines pratiques d'extraction ou de production (Kinchy *et al.* 2018), ou encore pour analyser les connaissances produites par des mouvements sociaux attentifs à la science « non faite » (*undone science*) (Walls *et al.* 2022).

Transformer les sols et sous-sols en ressources

La connaissance des propriétés, de la distribution et des ressources des différents types de sols et de sous-sols constitue, depuis le XIX^e siècle, un aspect central des politiques minières et de développement agricole, et plus généralement de mise en économie du territoire. Ainsi, les États et les puissances coloniales, les sciences du sol et du sous-sol, les instituts techniques agricoles et géologiques, mais aussi certains acteurs économiques (fonds d'investissement, multinationales agro-alimentaires, entreprises minières), ont développé diverses formes de prospection, de classification et de cartographie des sols et sous-sols, afin de les rendre commensurables avec les catégories du gouvernement de la nature et de l'économie des ressources. L'émergence de ces savoirs et leurs liens avec des projets de gouvernement et de mise en économie ont fait l'objet de plusieurs travaux de la part de géographes et de sociologues, qui s'appuient fréquemment sur des approches issues des STS, inspirées en particulier de la théorie de l'acteur-réseau.

Un premier exemple réside dans les recherches de l'anthropologue Tania Murray Li sur le rôle des dispositifs de traduction du sol en ressource dans les processus d'accaparement des terres sur l'île indonésienne de Sulawesi. Li mène son étude après la crise financière de 2008, alors que la demande mondiale d'huile de palme, de caoutchouc et de sucre augmente fortement. À Sulawesi, ces dynamiques entraînent une « ruée sur les terres » qui amène des investisseurs étrangers à s'intéresser aux terres communes des paysans des hautes terres

de l'île, afin d'y développer des plantations à grande échelle. Si les problématiques de répartition du foncier et de l'accaparement des terres ont généré de nombreuses études dans le champ des *agrarian studies*, depuis au moins les années 1970, Li, à la suite d'autres auteurs travaillant sur des thématiques connexes (Goldman *et al.* 2011), renouvelle les perspectives marxistes adoptées dans les travaux plus anciens en les combinant avec une analyse inspirée des STS. Ainsi, elle utilise la notion d'« assemblage » pour montrer le processus discursif et matériel par lequel des terres autrefois communes deviennent, pour le gouvernement, des « terres sous-utilisées », permettant leur transformation en « ressources foncières » (*land*) ouvertes aux investissements internationaux (Li 2014). Li emprunte cette notion à la théorie de l'acteur-réseau (ANT), dans laquelle le concept d'assemblage désigne le processus de mise en relation, de façon plus ou moins stabilisée, d'un ensemble d'éléments matériels et sociaux hétérogènes (Latour 2005). Ces éléments peuvent, par exemple, être des organismes, des institutions, des normes ou encore des méthodes de comptage et de calcul. Du point de vue socio-logique, chacun de ces éléments ne peut être défini qu'en regard de l'assemblage plus large dont il participe. Ainsi, dans l'enquête de Li, la terre et le sol en viennent à être définis comme des ressources foncières grâce à leur mise en relation avec des éléments hétérogènes, tels que des clôtures, des titres de propriété ou encore les nouvelles réglementations de l'État indonésien. Les cartes, graphiques et tableaux statistiques, tout en prétendant simplement représenter les sols, rendent pensable leur transformation en grandes plantations, tout en permettant l'intéressement et l'enrôlement de nouveaux acteurs (qui comprennent des membres du gouvernement et des investisseurs). Ils ne font donc pas que représenter le sol, mais le transforment en une entité nouvelle en changeant la façon dont on leur attribue des qualités et une valeur, et en les faisant participer à une forme très différente de vie sociale organisée autour du commerce international plutôt que des dynamiques locales.

Ces dix dernières années, de nombreuses recherches ont été

menées dans une perspective similaire à celle de Li en géographie, en sociologie et en anthropologie. Certaines ont porté sur la construction de la notion de « territoire » dans les domaines légaux et politiques modernes (Elden 2013). D'autres se sont intéressées à la manière dont les nouvelles technologies de télédétection renouvellent les projets de cartographie et de classification des sols, qui reposaient jusqu'alors sur un patient travail de terrain et le creusement de fosses pédologiques (Meulemans 2018 ; Kon Kam King 2020), ou modélisent les ressources du sous-sol d'une manière qui offre des possibilités d'action à certains acteurs tout en en excluant d'autres (Kroepsch 2018). D'autres recherches, enfin, ont porté sur la commercialisation du sol en tant que « matériau fertile », qui nécessite d'abstraire le sol des écologies plus larges au sein desquelles il a été formé, afin de pouvoir le transporter et le revendre ailleurs comme un substrat permettant la construction de parcs et de jardins (Engel di Mauro et Van Sant 2020).

La notion d'assemblage a également été largement utilisée dans le champ des études sur le sous-sol, afin de montrer comment ce dernier devient une ressource d'intérêt pour l'investissement. Katayoun Shafiee, par exemple, l'emploie pour souligner comment des évaluations géologiques et financières définissent les exploitations pétrolières profitables et, par là, mettent en forme la ressource elle-même et les façons de l'exploiter (Shafiee 2012), tandis que des travaux récents mettent en évidence le travail spéculatif sur lequel reposent les activités extractives (Weszkalnys 2015 ; Gilbert 2020) et qui est inscrit au cœur de la pratique de l'exploration minière (Merlin *et al.* 2021). Ces enquêtes conduisent à comprendre les conflits liés à l'extraction comme des oppositions portant sur les formes de construction des futurs, entre spéculation financière, anticipation de richesses ou de désastres et tentatives de planification (Weszkalnys 2015 ; Laurent et Merlin 2021), ou encore comme l'effet de déconnexions radicales entre des promesses adressées par les entreprises minières à des publics divers, comprenant des investisseurs, des populations locales et

des acteurs administratifs (Merlin *et al.* 2021).

Ces recherches ont en commun de viser à dénaturiser la catégorie de « res- source » en montrant que les sols et sous-sols ne sont pas, en soi, une ressource naturelle qui attendrait d'être récoltée et exploitée par les sociétés humaines. Au contraire, ils sont « réifiés » en tant que ressources grâce à un ensemble d'institutions, de théories, de dispositifs d'enquête, de technologies d'évaluation et de visualisation qui les rendent calculables, comparables et gérables pour les entreprises et les gouvernements. Cela pointe vers une direction de recherche prometteuse, qui se penche sur la transformation d'entités matérielles en ressources, ou « ressourcification » (Hultman *et al.* 2021), sur les conséquences de ces processus, mais aussi sur les conflits qui leur sont liés. Dans le même temps, le constat de l'imbrication entre la production des connaissances sur les sols et sous-sols, leur transformation en ressources et leur intégration dans des programmes de politique publique comme dans des stratégies d'entreprises, peut être interrogé à l'aune d'une sociologie pragmatique des futurs (Chateauraynaud 2013). Les instruments de calcul de la valeur économique, comme le *discounting* (Doganova 2015, 2023), ou encore des outils comme les programmes et feuilles de route (Laurent 2010), apparaissent alors comme des technologies politiques qui rendent possibles et pensables des formes d'action sur le futur, contribuent à définir des priorités collectives et à en éliminer d'autres. À cet égard, l'inscription des sols et des sous-sols dans les politiques et les pratiques de la transition invite à explorer les productions de rapports futurs aux sols et sous-sols, en étudiant à la fois la construction des choix dominants et les expérimentations ouvrant vers des alternatives possibles.

La mise au travail des sols et des sous-sols à l'heure de la transition

Les appels à la « transition », qu'elle soit désignée comme écologique ou énergétique, conduisent à l'heure actuelle à un accroissement de l'intérêt pour les sols et sous-sols de la part

des acteurs publics et privés, en lien plus ou moins direct avec un renouvellement des recherches scientifiques sur ces milieux. Les transitions conduisent ainsi à de nouvelles formes de ressourcifications réaffirmant le caractère stratégique des ressources du sol et du sous-sol, dont l'exploitation est considérée par certains acteurs comme un nouvel impératif pour « la transition énergétique et numérique [qui] est aussi une transition des champs de pétrole vers les gisements de métaux rares » ((Pitron 2018, p. 292) ; voir (Chailleux *et al.* 2022) pour le cas français). Plutôt que d'accepter le diagnostic de « crise », à laquelle il s'agirait de répondre en assurant l'accès à des ressources, par exemple en multipliant les projets miniers sur le territoire national pour des raisons de souveraineté ou en étendant l'analyse de la valeur économique aux contributions fournies par les sols, les STS conduisent à interroger la fabrique de la situation de crise (Boudia 2019) et à analyser les types de connaissances qui émergent de nouveaux travaux de recherche et expérimentations techniques, ainsi que les controverses qu'ils suscitent.

Ainsi, plusieurs recherches récentes en STS ont porté sur la manière dont la « vie du sol » est « mise au travail » dans le cadre de ces nouvelles promesses technologiques. Longtemps cantonnée à des courants agricoles alternatifs ou minorisés (Pessis 2020), la « vie des sols » devient, depuis le début du XXI^e siècle, un objet central des sciences du sol avec le déploiement à grande échelle de l'agro-écologie, la mise en place de trajectoires d'adaptation aux changements climatiques et les objectifs de « transition écologique ». Les sciences des sols commencent alors à s'orienter de manière croissante vers l'identification et la gestion d'un large spectre de « services écosystémiques » rendus par les sols, qui vont au-delà de leurs qualités agronomiques. Granjou et Phillips (2019) décrivent comment la microfaune du sol, devenue l'objet d'une attention scientifique soutenue grâce au développement de techniques de métagénomique, est aujourd'hui « enrôlée » dans le développement d'une nouvelle bio-économie agricole. Ils rendent compte des idées scientifiques, des catégorisations, des institutions et des normes

qui, à la jonction de l'écologie des sols, de la biologie moléculaire et de la recherche agronomique, s'articulent actuellement à la promesse technique d'une « transition agro-écologique » dans laquelle les sols ne sont plus abordés seulement sous l'angle de la perte, mais comme un capital vivant, un allié porteur d'une forme de rédemption écologique. À partir d'une ethnographie menée auprès d'agriculteurs anglais, Krzywoszynska (2020) s'intéresse elle aussi à l'enrôlement de la microfaune du sol dans des formes nouvelles de productivisme agricole, cherchant à valoriser un travail *avec* le sol plutôt qu'un travail *du* sol lourdement dépendant des intrants chimiques. Elle montre ainsi que ces nouveaux cadrages de la vie du sol en tant que « travailleuse », bien qu'ils fassent advenir une attention nouvelle au vivant dans l'agriculture, prolongent des formes plus anciennes de recrutement du sol dans les processus productifs capitalistes.

Le recrutement des sols dans les projets de transition contribue aussi à transformer les définitions et les compréhensions acceptées du sol. Dans son ethnographie des interactions entre scientifiques et gestionnaires cherchant à définir de nouvelles « fonctions écologiques » pour les sols urbains, Meulemans (2019, 2020) montre comment les vers de terre sont étudiés non plus seulement du point de vue zoologique, mais en tant qu'« ingénieurs d'écosystèmes », dont le métabolisme peut être mis au travail dans des projets de fabrication de « sols de synthèse » pour l'aménagement de la « ville verte ». Or, cette approche déplace la manière dont les sols sont compris et définis dans les sciences du sol : plutôt que de les voir comme le résultat de processus géomorphologiques séculaires qui aboutissent à l'organisation de différents matériaux et substances chimiques en horizons distincts, on peut, pour les écologues impliqués dans ces projets, parler de sol dès lors que des matériaux organiques et minéraux se retrouvent chimiquement liés, comme ils le deviennent lorsqu'ils sont digérés par des vers de terre. Le recrutement des vers dans ces expériences participe donc de l'émergence conjointe de nouvelles filières techniques de la « ville verte » et

de nouvelles définitions scientifiques du sol.

Ainsi, la transition donne lieu à l'émergence de nouveaux domaines de recherche sur les sols, qui sont étroitement liés à des perspectives économiques. Des travaux récents en STS analysent une dynamique similaire, en considérant les projets du secteur de l'énergie qui cherchent à mobiliser le sous-sol pour la géothermie ou pour le stockage du carbone. Dans ces derniers cas, les questions que les acteurs adressent aux sciences sociales sont fréquemment formulées dans les termes de l'« acceptabilité » de projets censés contribuer à la transition de façon évidente. Les travaux de Labussière *et al.* (2021) montrent que le cadrage par l'acceptabilité repose sur l'idée qu'il serait possible d'embarquer les publics dans l'évaluation des projets de géothermie en matière de risques et bénéfices. Ce cadrage ignore la capacité des publics à problématiser différemment l'incertitude géologique et le futur des territoires. Il met également de côté le fait que les succès et échecs des projets sont liés à la non-détermination des processus de valorisation des géothermies dépendantes d'agencements sols/sous-sols complexes. En effet, ces succès ou échecs de la géothermie sont dépendants de l'instabilité de l'économie des fossiles, de la variété dans le temps et l'espace des politiques territoriales, urbaines et sociales, et des héritages de connaissances des sous-sols plus ou moins robustes en fonction des territoires. Ces travaux montrent que, compte tenu du caractère spéculatif de la géologie, le sous-sol résiste souvent aux projections des modèles géologiques du fait d'épreuves qui peuvent comprendre la découverte d'un socle granitique moins homogène, et donc moins prévisible et stable que prévu, ou encore l'irruption d'un sous-sol vivant habité par des bactéries sulfite-réductrices détruisant les forages. Les projets de transition vers des énergies nouvelles, comme la géothermie, recomposent donc les relations aux sous-sols et conduisent à de nouvelles expérimentations avec ces environnements, rendant visibles des agentivités inattendues et incontrôlées.

En écho aux controverses relatives à l'extraction du gaz de

schiste par fracturation hydraulique (Wylie 2018 ; Chailleux 2020), les projets d'usage du sous-sol pour le stockage du carbone mobilisent eux aussi une référence à l'« acceptabilité » qui tend à exclure les choix techniques de la décision politique (Chailleux et Arnauld de Sartre 2021). À cet égard, les controverses liées à l'usage du sous-sol pour des objectifs environnementaux sont révélatrices d'une problématisation de la transition qui fait du développement technologique la réponse évidente aux problèmes suscités par le changement climatique. Les STS conduisent à décaler cette problématisation en matière d'acceptabilité sociale, en mettant en évidence la fabrique des choix de politiques publiques, la diversité des options techniques possibles, mais aussi la complexité des oppositions, qui mêlent arguments sur les risques et contestation de l'inévitabilité du développement technologique. On peut ainsi explorer dans ces termes les tentatives de « renouveau minier » en France métropolitaine (Chailleux *et al.* 2022).

Ces nouvelles controverses sur nos relations aux sols et sous-sols participent à ouvrir un débat général sur la définition même de ce qui fait transition. Le cas des controverses minières en France en est représentatif. Elles font émerger un débat plus général, opposant les promoteurs d'une ingénierie du sous-sol pour le climat, conservant des objectifs de développement technologique et économique, à des opposants au secteur minier pour qui il s'agit explicitement de militer pour la décroissance économique et contre l'innovation technologique. Pour ces derniers, une transition par l'exploitation du sous-sol n'est pas une transition (Merlin 2021). Certains auteurs proposent d'ailleurs de décrire la « fossilisation des renouvelables », nécessitant l'exploitation de ressources minérales reposant sur des logiques politiques et économiques proches de ce que l'on observe dans le monde de l'exploitation des « fossiles » (Raman 2013). Cette idée de continuité se retrouve dans l'analyse de l'« extractivisme vert », perpétuant selon certains auteurs des asymétries Nord-Sud importantes (Jerez *et al.* 2021), comme c'est le cas pour d'autres ressources

énergétiques, dont l'uranium (Hecht 2014).

Conclusion : vers de nouvelles politiques des sols et des sous-sols ?

En écho avec l'invitation de Latour (2017) à élaborer une politique du « terrestre », les sols et les sous-sols ouvrent des pistes de recherche stimulantes pour les STS, qui consistent à explorer la fabrique du territoire, dans toute son épaisseur matérielle, épistémique, économique et sociale, ainsi que les attachements à celui-ci. Que les sciences et les techniques des sols et sous-sols y soient étudiées comme enchâssées dans des dynamiques (post)coloniales, comme productrices de nouveaux assemblages qui transforment les sols en ressources ou sous l'angle de la mise au travail des entités souterraines, les STS des sols et sous-sols fournissent des éclairages originaux sur la manière dont sols et sous-sols participent de dynamiques sociales et politiques. Plus encore, la matérialité particulière des sols et sous-sols – à l'intersection entre les grands cycles de la Terre, entre le vivant et l'inerte, entre la stabilité et le mouvement – incite certains auteurs à proposer de nouvelles définitions du politique qui prennent en compte ces éléments (Abrahamsson et Bertoni 2014). Ainsi, à l'inverse de l'« extractivisme vert », qui ne voit le sol que comme un stock de ressources à gérer de manière optimale, on peut considérer, en suivant la proposition de Haraway (2016) de « vivre avec le trouble », que les relations entre les humains et les entités biologiques et matérielles qui composent les sols et les sous-sols doivent faire l'objet d'une attention analytique renouvelée, susceptible de mettre en évidence des formes nouvelles de vie et de collaboration (Lyon 2020 ; Ureta et Flores 2022), mais aussi des façons de s'arranger avec les éléments chimiques inscrits dans les sols et les sous-sols (Papadopoulos *et al.* 2021). Une analyse attentive aux enchevêtrements entre les pratiques sociales, les connaissances formelles ou informelles manipulées par différents acteurs et les éléments matériels qui composent les sols et les sous-sols peut alors permettre de s'interroger de façon critique sur ce que veut dire « vivre avec » des sols ou des

sous-sols contaminés (Houdart 2019) ou nécessaires aux impératifs de transition. Ainsi, les STS ouvrent des pistes pour élaborer des théories politiques et sociales au sein desquelles l'humain n'est plus l'unique point de référence, mais un élément lié à la multiplicité des éléments composant un milieu.

Bibliographie

- Abrahamsson, S., Bertoni, F. (2014). Compost politics: Experimenting with togetherness in vermicomposting. *Environmental Humanities*, 4(1), 125–148.
- Appel, H.C. (2012). Walls and white elephants: Oil extraction, responsibility, and infrastructural violence in Equatorial Guinea. *Ethnography*, 13(4), 439–465.
- Beinart, W., Hughes, L. (2007). *Environment and Empire*. Oxford University Press, Oxford.
- Blaikie, P. (1985). *The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries*. Routledge, Londres.
- Blaikie, P., Brookfield, H. (1987). *Land Degradation and Society*. Methuen, Londres.
- Bonneuil, C. (1990). Des savants pour l'Empire, les origines de l'ORSTOM. *Cahiers pour l'histoire du CNRS*, 10, 83–102.
- Boudia, S. (2019). Quand une crise en cache une autre : la « crise des terres rares » entre géopolitique, finance et dégâts environnementaux. *Critique internationale*, 85(4), 85–103.
- Boudia, S., Creager, A.N., Frickel, S., Henry, E., Jas, N., Reinhardt, C., Roberts, J.A. (2021). *Residues: Thinking through Chemical Environments*. Rutgers University Press, New Brunswick.
- Chailleux, S. (2020). Making the subsurface political: How enhanced oil recovery techniques reshaped the energy transition. *Environment and Planning C: Politics and Space*, 38(4), 733–750.
- Chailleux, S., Arnauld de Sartre, X. (2021). L'acceptabilité au

- prisme du stockage géologique de CO₂ : retour sur un débat non émergé. *Natures Sciences Sociétés*, 29, 12–24.
- Chailleux, S., Le Berre, S., Gunzburger, Y. (2022). *Ressources minérales et transitions. Trajectoires politiques du sous-sol français au 21^e siècle*. Peter Lang, Bruxelles.
- Chateauraynaud, F. (2013). Regard analytique sur l'activité visionnaire. Dans *Du risque à la menace. Penser la catastrophe*, Bourg, D., Joly, P.-B., Kaufmann, A. (dir.). PUF, Paris, 287–310.
- Demmer, C. (2018). Nationalisme minier, secteur nickel et décolonisation en Nouvelle-Calédonie. *Cahiers Jaurès*, 230(4), 35–52.
- Doganova, L. (2015). Que vaut une molécule ? Formulation de la valeur dans les projets de développement de nouveaux médicaments. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 9(1), 17–38.
- Doganova, L. (2023). *Discounting Futures*. Zone Books, Princeton.
- Duvall, C. (2011). Ferricrete, forests, and temporal scale in the production of colonial science in Africa. Dans *Knowing Nature: Conversations at the Intersection of Political Ecology and Science Studies*, Goldman, M.J., Nadasdy, P., Turner, M.D. (dir.). The University of Chicago Press, Chicago, 113–128.
- Eaton, E., Kinchy, A. (2016). Quiet voices in the fracking debate: Ambivalence, nonmobilization, and individual action in two extractive communities (Saskatchewan and Pennsylvania). *Energy Research & Social Science*, 20, 22–30.
- Elden, S. (2013). *The Birth of Territory*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Engel-Di Mauro, S., Van Sant, L. (2020). Soils and commodification. Dans *Thinking with Soils: Material Politics and Social Theory*, Salazar, J.F., Granjou, C., Kearnes, M., Krzywoszynska, A., Tironi, M. (dir.). Bloomsbury Academic, Londres, 55–69.
- Ferguson, J. (2005). Seeing like an oil company: Space, security,

- and global capital in neoliberal Africa. *American Anthropologist*, 107(3), 377–382.
- Gilbert, P.R. (2020). Speculating on sovereignty: “Money mining” and corporate foreign policy at the extractive industry frontier. *Economy and Society*, 49(1), 16–44.
- Goldman, M.J., Nadasdy, P., Turner, M.D. (2011). *Knowing Nature: Conversations at the Intersection of Political Ecology and Science Studies*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Gramaglia, C. (2020). Saltkrake. Penser la « vitalité » des résidus miniers pour mieux appréhender leurs effets toxiques. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 14(4). doi.org/10.4000/rac.11726.
- Granjou, C., Phillips, C. (2019). Living and labouring soils: Metagenomic ecology and a new agricultural revolution?. *BioSocieties*, 14(3), 393–415.
- Haraway, D. J. (2016). *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene*. Duke University Press, Durham.
- Hecht, G. (2014). *Being Nuclear: Africans and the Global Uranium Trade*. MIT Press, Cambridge.
- Houdart, S. (2019). Fukushima, l'expérience en partages. *Critique*, 860861(1), 70–86. Hultman, J., Corvellec, H., Jerneck, A., Arvidsson, S., Ekroos, J., Gustafsson, C., Wahlberg, N. (2021). A resourcification manifesto: Understanding the social process of resources becoming resources. *Research Policy*, 50(9), 104297.
- Jalbert, K., Kinchy, A.J., Perry, S.L. (2014). Civil society research and Marcellus Shale natural gas development: Results of a survey of volunteer water monitoring organizations. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4(1), 78–86.
- Jerez, B., Garcés, I., Torres, R. (2021). Lithium extractivism and water injustices in the Salar de Atacama, Chile: The colonial shadow of green electromobility. *Political Geography*, 87,

- 102382.
- Kinchy, A.J., Phadke, R., Smith, J.M. (2018). Engaging the underground: An STS field in formation. *Engaging Science, Technology, and Society*, 4, 22–42.
- Kon Kam King, J. (2020). Le dessous des cartes. La cartographie des sols au prisme de la « révolution numérique ». *Revue d'anthropologie des connaissances*, 14(4). doi.org/10.4000/rac.6244.
- Kroepsch, A.C. (2018). Groundwater modeling and governance: Contesting and building (sub)surface worlds in Colorado's Northern San Juan Basin. *Engaging Science, Technology, and Society*, 4, 43–66.
- Krzywoszynska, A. (2020). Nonhuman labor and the making of resources: Making soils a resource through microbial labor. *Environmental Humanities*, 12(1), 227– 249.
- Krzywoszynska, A., Marchesi, G. (2020). Toward a relational materiality of soils: Introduction. *Environmental Humanities*, 12(1), 190–204.
- Labussière, O., Merlin, J., Nadaï, A. (2021). Les géothermies du Bassin parisien. D'une politique sociale de la chaleur aux politiques de la transition énergétique. Dans *Cities and Energy in Europe*, Strasbourg.
- Latour, B. (2005). *Changer de société, refaire de la sociologie*. La Découverte, Paris.
- Latour, B. (2017). *Où atterrir ? Comment s'orienter en politique*. La Découverte, Paris.
- Laurent, B. (2010). *Les politiques des nanotechnologies*. Éditions Charles Léopold Meyer, Paris.
- Laurent, B., Merlin, J. (2021). Investissement, anticipation, planification : la politique temporelle des activités extractives. *Revue Gouvernance/Governance Review*, 18(2), 42–62.
- Laurent, B., Merlin, J. (2022). Les ressources de l'indépendance ? Vers une politique de la mise en valeur en Nouvelle-

- Calédonie Kanaky. Dans *Ressources minérales et transitions. Trajectoires politiques du sous-sol français au 21^e siècle*, Chailleux, S., Le Berre, S., Gunzburger, Y. (dir.). Peter Lang, Bruxelles, 323–351.
- Leach, M., Mearns, R. (dir.) (1996). *The Lie of the Land: Challenging Received Wisdom on the African Environment*. Heinemann, Portsmouth.
- Le Meur, P.-Y. (2017). Le destin commun en Nouvelle-Calédonie : entre projet national, patrimoine minier et désarticulations historiques. *Mouvements*, 3, 35–45.
- Li, T.M. (2014). What is land? Assembling a resource for global investment. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 39(4), 589–602.
- Lyon, C. (2020). *Vital Decomposition: Soil Practitioners and Life Politics*. Duke University Press, Durham.
- Masutti, C. (2012). *Les faiseurs de pluie. Dust Bowl, écologie et gouvernement (États-Unis, 1930–1940)*. Creative Commons BY-SA.
- Merlin, J. (2014). L'émergence d'une compétence environnementale autochtone ?. *Terrains & travaux*, 24(1), 85–102.
- Merlin, J. (2021). Les ressources controversées de la transition écologique. Ouvrages en débat : *La guerre des métaux rares. La face cachée de la transition énergétique et numérique* (Guillaume Pitron, Les Liens qui libèrent, 2018) & *Mauvaises mines. Combattre l'industrie minière en France et dans le monde* (Mathieu Brier, Naïké Desquesnes, Agone, 2018). *Natures Sciences Sociétés*, 29, S91–S95.
- Merlin, J., Laurent, B., Gunzburger, Y. (2021). Promise engineering: Investment and its conflicting anticipations in the French mining revival. *Economy and Society*, 50(4), 590–617.
- Meulemans, G. (2018). Des hommes qui creusent : suivre le sol en pédologie. Dans *(D)écrire les affects. Perspectives et enjeux*

- anthropologiques*, Mariani, L., Plancke, C. (dir.). Petra, Paris, 299–325.
- Meulemans, G. (2019). Wormy collaborations in practices of soil construction. *Theory, Culture & Society*, 37(1), 93–112.
- Meulemans, G. (2020). Urban pedogeneses: The making of city soils from hard surfacing to the urban soil sciences. *Environmental Humanities*, 10(2), 250–266.
- Meulemans, G., Granjou, C. (2020). Les sols, nouvelle frontière pour les savoirs et les politiques de l'environnement. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 14(4). doi.org/10.4000/rac.14027.
- Mitchell, T. (2009). Carbon democracy. *Economy and Society*, 38(3), 399–432. Papadopoulos, D., Puig de la Bellacasa, M.,
- Myers, N. (2021). *Reactivating Elements: Chemistry, Ecology, Practice*. Duke University Press, Durham.
- Pessis, C. (2020). Histoire des « sols vivants ». Genèse, projets et oublis d'une catégorie actuelle. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 14(4). doi.org/10.4000/rac.12437.
- Pitron, G. (2018). *La guerre des métaux rares. La face cachée de la transition énergétique et numérique*. Éditions Les Liens qui libèrent, Paris.
- Puig de la Bellacasa, M. (2015). Making time for soil: Technoscientific futurity and the pace of care. *Social Studies of Science*, 45(5), 691–716.
- Raman, S. (2013). Fossilizing renewable energies. *Science as Culture*, 22(2), 172–180.
- Salazar, J.F., Granjou, C., Krzywoszynska, A., Tironi, M., Kearnes, M.B. (2020). Thinking with soils: An introduction. Dans *Thinking with Soils: Material Politics and Social Theory*, Salazar, J.F., Granjou, C., Kearnes, M., Krzywoszynska, A., Tironi, M.B. (dir.). Bloomsbury, Londres, 1–13.
- Sarraut, A. (1923). *La mise en valeur des colonies françaises*. Payot,

Paris.

- Shafiee, K. (2012). A petro-formula and its world: Calculating profits, labour and production in the assembling of Anglo-Iranian oil. *Economy and Society*, 41(4), 585–614.
- Showers, K.B. (2006). Soil erosion and conservation: An international history and a cautionary tale. Dans *Footprints in the Soil: People and Ideas in Soil History*, Warkentin, B. (dir.). Elsevier, Amsterdam, 369–406.
- Toussaint, M. (2018). *L'épreuve du feu : politiques de la nature, savoirs, feux de brousse et décolonisation en Nouvelle-Calédonie*. Thèse de doctorat, EHESS, Paris.
- Tsing, A.L., Bubandt, N., Gan, E., Swanson, H.A. (2017). *Arts of Living on a Damaged Planet: Ghosts and Monsters of the Anthropocene*. University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Ureta, S., Flores, P. (2022). *Worlds of Gray and Green: Mineral Extraction as Ecological Practice*. University of California Press, Berkeley.
- Walls, D., Kinchy, A., Margalita, T., Ramírez-Andreotta, M.D., Engel-Di Mauro, S. (2022). Confronting legacy lead in soils in the United States: Community-engaged researchers doing undone science. *Environmental Science & Policy*, 128, 165–174.
- Weszkalnys, G. (2015). Geology, potentiality, speculation: On the indeterminacy of first oil. *Cultural Anthropology*, 30(4), 611–639.
- Winiwarter, V. (2014). Environmental history of soils. Dans *The Basic Environmental History*, Agnoletti, M., Neri Serneri, S. (dir.). Springer, New York, 79–119.
- Wylie, S.A. (2018). *Fractivism: Corporate Bodies and Chemical Bonds*. Duke University Press, Durham.
- Yusoff, K. (2018). *A Billion Black Anthropocenes or None*. University of Minnesota Press, Minneapolis.

