



Revue d'anthropologie des connaissances

14-4 | 2020

Les sols, nouvelle frontière pour les savoirs et les politiques de l'environnement

Les sols, nouvelle frontière pour les savoirs et les politiques de l'environnement

Soils: A new frontier for environmental knowledge and policies

Los suelos, una nueva frontera para el conocimiento y las políticas ambientales

Germain Meulemans et Céline Granjou



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rac/14027>

DOI : 10.4000/rac.14027

ISSN : 1760-5393

Traduction(s) :

Soils: A new frontier for environmental knowledge and policies - URL : <https://journals.openedition.org/rac/14082> [en]

Los suelos, una nueva frontera para el conocimiento y las políticas ambientales - URL : <https://journals.openedition.org/rac/14092> [es]

Éditeur

Société d'Anthropologie des Connaissances

Ce document vous est offert par Aix-Marseille Université (AMU)



Référence électronique

Germain Meulemans et Céline Granjou, « Les sols, nouvelle frontière pour les savoirs et les politiques de l'environnement », *Revue d'anthropologie des connaissances* [En ligne], 14-4 | 2020, mis en ligne le 01 décembre 2020, consulté le 02 juin 2022. URL : <http://journals.openedition.org/rac/14027> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rac.14027>

Ce document a été généré automatiquement le 11 mars 2021.



Les contenus de la *Revue d'anthropologie des connaissances* sont mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Les sols, nouvelle frontière pour les savoirs et les politiques de l'environnement

Soils: A new frontier for environmental knowledge and policies

Los suelos, una nueva frontera para el conocimiento y las políticas ambientales

Germain Meulemans et Céline Granjou

Introduction

- 1 En dépit de son importance clef pour les écosystèmes et les sociétés, les sciences sociales, notamment francophones, n'ont globalement guère accordé d'attention au sol et aux savoirs sur les sols – moins encore peut-être qu'à d'autres entités naturelles comme la faune et la flore ou l'eau – et continuent à voir le sol comme un socle inerte, un arrière-plan pour l'existence biologique et sociale qui se joue à sa surface. Ce numéro spécial a pour objectif de contribuer, avec et à la suite d'un ensemble d'auteurs et travaux récents à la croisée des études sociales des sciences et techniques, de la géographie culturelle et de l'anthropologie, à penser l'existence sociale et politique des sols. Il s'agit notamment de se pencher sur les mécanismes de production, de négociation, de circulation et de mobilisations variées des savoirs sur les sols, et sur les dynamiques qui transforment aujourd'hui les manières de les connaître et de les gérer. Dans quelle mesure le sol peut-il être considéré comme une nouvelle « frontière » d'exploration et de connaissance (Sugden, Stone & Ash, 2004) déplaçant les lignes de nos manières de concevoir, connaître et gouverner l'environnement, la nature et le vivant ? On s'interroge tout particulièrement sur la manière dont la prise en compte croissante, à différents niveaux, du caractère vulnérable, fragile, mais aussi vivant, actif et dynamique des sols (que l'on propose dans la suite du texte de désigner en termes d'« écologisation » du regard porté sur les sols) transforme les savoirs et les politiques des sols, ainsi que les manières d'enquêter, de décrire et de penser les relations à l'environnement.

- 2 Si le mouvement de mise à l'agenda des enjeux de conservation des sols dans les politiques publiques n'est pas nouveau¹, on assiste, depuis la fin du XX^e siècle, à un regain d'intérêt pour ces questions aux niveaux national et international, comme en témoignent la **révision de la Charte mondiale des sols** et le lancement **en 2015 d'une Décennie internationale des sols**, ou encore la publication récente, à côté des rapports globaux sur la désertification (UNCCD, 2014), de rapports examinant **les liens entre la dégradation des sols et les questions d'érosion de la biodiversité (IPBES, 2019) et de changement climatique (IPCC, 2019)**. Ces rapports insistent sur la dégradation rapide des sols au niveau mondial, alertant sur le fait que **près de 33 % des sols du monde ont été durablement dégradés par les activités humaines** (FAO et ITPS 2015), que 24 milliards de tonnes de sols fertiles sont perdus chaque année (UNCCD 2014), ou encore que les pertes de sol dans les zones agricoles sont 10 à 40 fois plus rapides que les processus naturels de formation et de reconstitution des sols (Pimentel & Burgess 2013).
- 3 En plus de présenter le destin des sols comme l'un des enjeux environnementaux les plus critiques de notre époque, cette mise à l'agenda témoigne d'une extension des préoccupations associant les sols à de nouveaux objets, et fait émerger de nouveaux acteurs, définitions et catégories pour les décrire et les gouverner. Ainsi, au cours des vingt-cinq dernières années, **les questions que posent les sols et sous-sols ne se cantonnent plus à l'agriculture ou à l'extraction minière, mais se retrouvent au cœur de débats plus larges sur les pollutions et dégradations environnementales**, et se trouvent convoquées et enrôlées dans une série de promesses et de projets de transitions agricoles, énergétiques, climatiques ou écologiques nouvelles, faisant apparaître de nouvelles manières de définir et d'évaluer les sols et leurs « qualités ». Ainsi, alors que **la seconde moitié du XX^e siècle était marquée par l'hégémonie d'une compréhension physico-chimique des sols², on assiste aujourd'hui à une (ré)affirmation de leur caractère « vivant » au travers d'un intérêt nouveau pour la vie microbienne qui les habite et les fabrique**. En témoigne par exemple **l'Atlas Européen de la biodiversité des sols sorti en 2010**, qui présente le sol comme le plus grand réservoir de biodiversité sur Terre – un gramme de sol contenant jusqu'à un million d'organismes différents (Bardgett & van der Putten, 2014), dont la plupart n'ont pas encore caractérisés ni même identifiés. La **notion de « sols vivants »** (Gobat, Aragno & Matthey, 2004) s'est progressivement imposée dans les champs de la pédologie et de l'écologie, de la dépollution ou de l'agronomie, ainsi que dans les institutions nationales et internationales, ouvrant à la prise en compte d'une prolifération d'êtres nouveaux (bactéries, nématodes, champignons et micro-algues...), et à une extension « vers le bas » des préoccupations d'inventaire et de conservation de la biodiversité (cf. notion de « dernière frontière biotique » de la Terre).
- 4 Pourtant, les formes de vie souterraines ne se laissent pas aisément saisir dans les catégories et les technologies de fabrication de la présence qui ont permis à la conservation de se focaliser les « espèces » et la biodiversité épigées (qui vivent à la surface de la Terre). En effet, les politiques et les métriques classiques de gestion de la nature sont basées sur la possibilité d'identifier des organismes et des espèces, de leur donner une identité stable, conditionnant la possibilité de les protéger (par exemple via les listes d'espèces en danger) et avant tout, de se les représenter et de s'en soucier. Comme le soulignent Hird et Clark, « un bon nombre des lignages vivants qui sont maintenant susceptibles de 'disparaître' ne nous sont initialement jamais apparus...

trop petits, trop obscurs, trop furtifs pour avoir laissé leur trace dans nos archives, ces êtres s'évanouissent sans même avoir fait sentir leur présence » (2013 ; Hird & Clark, p. 45). C'est en effet l'hybridité du vivant et de la matière, et donc l'impureté qui caractérise la matérialité du sol, entretenant une intimité dérangeante entre la vie et la mort ainsi qu'une propension singulière à la putréfaction et au pourrissement – eux-mêmes génératifs des dynamiques de régénération et de renaissance qui prennent forme dans les sols – bien loin de toute doctrine pasteurienne d'immunité (Lorimer, 2016). Les savoirs sur les sols, irréductibles à la physique comme à la biologie (Churchman, 2010), interpellent ainsi les pratiques de production de connaissances et les divisions disciplinaires qui les cadrent, et obligent à développer de nouvelles manières de connaître la nature, le vivant et l'environnement. Les difficultés épistémologiques et techniques que posent ces enjeux peuvent en partie expliquer pourquoi que les sols peinent encore à voir s'affirmer leur statut de « bien commun » (Fournil *et al.*, 2018).

- 5 Mais au-delà des enjeux de biodiversité (méso ou microscopique) menacée, connaître les sols apparaît de plus en plus nécessaire pour identifier, gérer et sécuriser une large gamme de « services » (Robertson, 2012 ; Baveye, Baveye & Gowdy, 2016) rendus par les sols. Outre l'approvisionnement en nourriture, ceux-ci incluent la stimulation microbienne du « capital biologique » des sols agricoles (Granjou & Philipps, 2018), la régulation du climat par la séquestration du carbone dans les sols agricoles (Kon Kam King *et al.*, 2018), la gestion des déchets (Hird & Clark, 2013), la dépollution des sites industriels (Frickel & Elliott, 2018), la filtration des eaux de pluie et la régulation du cycle hydrologique, la conservation de la biodiversité souterraine (Bispo *et al.*, 2016), ou encore la réparation et la re-fabrication des sols des villes via une série d'initiatives individuelles et institutionnelles allant du compostage à l'ingénierie des sols urbains (Meulemans, 2020a et 2020b). Les mutations variées de la connaissance et de la gestion des sols s'accompagnent ainsi de transformations profondes au sein des sciences des sols, impliquant un renouvellement considérable des communautés épistémiques, outils cartographiques et des dispositifs de surveillance des sols.
- 6 Cet article introductif vise à donner un rapide aperçu de la manière dont l'écologisation du regard porté sur les sols suscite une diversité de transformations des savoirs et des politiques des sols, et de la manière dont ces phénomènes transforment plus largement les savoirs et des politiques de l'environnement. On reviendra d'abord sur la trajectoire des réflexions sur le sol dans les sciences humaines et sociales, d'objet périphérique ou invisible, à un ensemble de réflexions pionnières pour penser les enjeux politiques et éthiques du « non-humain », avant de présenter plus avant la problématique du numéro spécial (I) ; on identifiera alors trois grands fronts de redéfinition et de transformation des manières de concevoir, de connaître et de gérer les sols en tant qu'entités écologiques, vulnérables, vivantes, mais aussi actives et dynamiques – d'abord autour de reformulations des concepts et outils de la science des sols ; ensuite, dans la prise en compte croissante des sols dans les projets d'aménagement et le développement de nouvelles pratiques collectives de retour au sol des déchets organiques ; enfin, autour des enjeux d'enfouissement des déchets industriels et de la façon dont l'agentivité des sols et sous-sols déjoue parfois les espoirs placés dans un « sol-poubelle » ; on situera les diverses contributions au numéro spécial dans chacun de ces fronts (II).

Le sol dans les SHS : d'un objet périphérique à une réflexion pionnière sur les enjeux politiques et éthiques du non-humain

- 7 Si, dans les sciences sociales de l'environnement, le sol est loin d'avoir suscité autant de travaux que, par exemple, la grande faune sauvage ou les plantes invasives, on doit néanmoins mentionner une série de travaux fondateurs qui continuent d'inspirer nombre de recherches actuelles. Les sols sont par exemple au cœur d'une partie des recherches en écologie politique qui se développent dès les années 1980 dans la lignée des travaux de Piers Blaikie (1985) sur l'érosion des sols dans les Suds, qui contestent les approches purement physiques ou néo-malthusiennes de l'érosion des sols, en la reliant aux questions de pauvreté et de propriété foncière. Suivant une approche différente, les travaux d'ethnopédologie qui se développent dans les années 1990 combinent les approches des sciences naturelles et des sciences humaines pour répertorier et comparer les systèmes locaux et indigènes de classification des sols (Barrera-Bassols & Zinck, 2003) ou encore souligner les limites des approches classificatoires des sols du point de vue des contextes et usages locaux (Jankowski, 2013). Les travaux de Frédéric Goulet ont décrit la mobilisation de certains segments du monde agricole autour de la constitution d'une agriculture de conservation focalisée sur les sols, leur activité biologique et leur conservation dans les années 1990 (Goulet, 2010 ; Demeulenaere & Goulet, 2012). On notera également que de nombreux travaux en histoire environnementale ont porté sur les relations aux sols au cours des derniers siècles, et sur la dégradation à grande échelle suscitée par les pratiques modernes d'agriculture et d'appropriation du territoire (McNeill & Winiwarter, 2004 et 2010 ; Worster, 2004). Quant aux rares travaux en histoire des sciences des sols (Boulaïne, 1989 ; Hartemink & McBratney, 2008), ils ont longtemps été le fait de pédologues portant un regard sur leur propre discipline (voir également pour un regard plus épistémologique : Chatelin, 1995) ; ils constituent souvent des exercices d'histoire internaliste centrée sur les grands savants et leurs idées³.

Matérialités et agentivités des sols et sous-sols

- 8 Depuis une dizaine d'années, les sols et les rapports entre processus sociaux et pédologiques ont fait l'objet d'un intérêt croissant dans les STS et les Humanités environnementales⁴. Les travaux de la philosophe Maria Puig de la Bellacasa (2014, 2015, 2019) constituent ici un jalon important. Pour Puig de la Bellacasa, le sol, entité matérielle incertaine et multiple, émergeant dans une interaction continue entre processus géologiques, biologiques et sociaux, constitue un défi théorique particulièrement stimulant pour prolonger les approches multispécifiques visant à élargir la pensée éthique au non-humain à l'inhumain. Elle s'inspire du mouvement de la permaculture et de l'écologie des sols pour rendre justice à la façon dont les sols, véritable « bioinfrastructure » (Puig de la Bellacasa, 2014), fournissent aux sociétés et à tous les êtres vivants l'ensemble des moyens de leur existence matérielle sur cette planète. Ainsi, approcher le sol en tant que monde « multi-espèces » affecte les manières dont les humains maintiennent, réparent et favorisent la vitalité du sol. L'accent mis sur les communautés du sol est particulièrement intéressant dans la

perspective d'une **politique du care** portée sur la maintenance, la continuation et la réparation des réseaux vitaux de relations d'interdépendance avec ces entités.

- 9 À la suite de ces travaux fondateurs, et dans la lignée des **ethnographies multi-espèces** (Kirksey & Helmreich, 2010) ou de l'**ethnographie microbienne** – consacrée aux relations des humains aux microbes dans une diversité de supports (Paxson, 2008 ; Helmreich, 2009 ; Lorimer, 2016) –, un ensemble de travaux ont appelé à reconnaître le **caractère vivant et dynamique des sols** (Bertoni, 2013 ; Granjou & Salazar, 2019 ; Meulemans, 2019 ; Krzywoszynska, 2020). **En se concentrant sur les aspects sensoriels et performatifs des processus organiques tels que la vie végétale ou bactérienne**, ces approches visent à mieux prendre en considération les capacités actives de la variété d'êtres vivants – vers de terre, champignons, bactéries... – qui l'habitent, le consomment, le digèrent, le fabriquent et le transforment. Ils appellent ainsi à développer une plus grande attention aux formes d'interdépendance qui nous lient à la vie des sols, et aux **enchevêtrements entre processus pédologiques et sociaux**.
- 10 Alors que ces approches se sont intéressées à l'**exubérante vie biologique des sols** dans un effort de **ré-imagination de la vie collective**, d'autres auteurs insistent pour leur part sur la **radicale altérité, l'irréductible opacité et l'étrangeté des sols vis-à-vis des projets humains**, mettant en exergue la capacité de résistance des sols à la mise en relation avec l'humain (Tironi, 2020). Cette insistance sur l'altérité des sols et sous-sols, plutôt que sur leurs liens et interdépendances avec les sociétés humaines, est par exemple au cœur de la pensée du sociologue et philosophe **Nigel Clark, dans sa discussion de la portée culturelle de la théorie de la tectonique des plaques** (Clark, 2011 ; voir également Cohen, 2015). **Prenant le contrepied des travaux qui s'attachent à penser les non-humains dans leur capacité à tisser des liens et des réseaux relationnels avec les humains**, Clark insiste quant à lui sur le **caractère radicalement in-humain des mouvements de la croûte terrestre et des sous-sols**.
- 11 Ces diverses approches incitent à reconnaître les sols et les sous-sols comme étant plus qu'un ensemble de ressources inertes destinées à l'utilisation et à l'extraction humaines, à **se concentrer sur les forces formatrices dans lesquelles le social et le géologique entrent en jeu**, et à s'interroger sur la façon dont des configurations spécifiques de contacts avec le sol permettent certaines formes d'existence sociale et politique. Ces travaux positionnent les sols au cœur d'un effort original des sciences sociales pour façonner **des catégories et cadres de pensée non anthropocentrés** permettant de repenser l'existence sociale en termes d'extension des modalités d'attention, d'affect et de relation ou encore en termes de **co-production d'un monde « plus qu'humain »**. Ils soulignent la **matérialité spécifique du sol, mélange hétérogène d'organismes vivants, de déchets en décomposition et putréfaction, et de choses mourantes et mortes**, qui exclut toute séparation stricte entre les domaines du social et du naturel, mais aussi entre le biotique et l'abiotique, l'organique et le minéral, le **vivant et l'inerte, le biologique et le géologique**. Ce faisant, ils remettent également en cause les notions communes de fabrication et de croissance, d'activité et de passivité, d'organique et d'inorganique, ou de vie et de non-vie.

Problématique du numéro spécial

- 12 Les contributions de ce numéro spécial s'inscrivent dans le prolongement des travaux récents qui **remettent en question l'idée que le sol constituerait une « chose » donnée**

et déjà là, et soulignent son caractère coproduit par et avec un ensemble de pratiques sociales discursives et matérielles. Les articles réunis contribuent ainsi à décrire et analyser les nouveaux répertoires ou agendas mobilisant les sols et la manière dont ils articulent des savoirs, outils et acteurs de manière à produire ou « assembler » (Li, 2014) le sol en tant que milieu de vie à protéger, restaurer ou stimuler, ou encore en tant que ressource et/ou territoire à conserver, surveiller, et aménager.

- 13 Le numéro entend d'abord retracer le développement de savoirs et de politiques prenant en charge les sols en termes d'objet de conservation, de lutte contre les pollutions et les dégradations, ou de gestion d'une ressource non-renouvelable menacée par l'extension de l'urbanisation. On vise ainsi, d'une part, à caractériser les effets de la réémergence de cadrages du sol en termes de « sol vivant » (Gobat, Aragno & Matthey, 2004) et, d'autre part, à décrire les débats, les tensions et les contestations dont ils font l'objet. Le numéro montre ainsi en particulier que l'écologisation du regard porté sur les sols, la prise en compte de leur caractère vivant, vulnérable, actif et dynamique, ne correspond pas unilatéralement à une rupture avec les logiques modernes d'exploitation des sols : dans ces nouveaux processus de mise à l'agenda scientifique et politique des sols, ceux-ci se trouvent aussi enrôlés dans le développement de pratiques de prospection, de stimulation, d'exploitation et d'optimisation de leurs potentialités biologiques et géochimiques à des fins de production, d'aménagement, de gestion et de compensation. On retrouve ainsi, dans le cas des sols, un processus plus général pointé par Melinda Cooper au sujet des discours célébrant les forces de diversité et de régénération à l'œuvre dans les processus microbiens – tels qu'articulés par exemple à la fin des années 1980 dans l'hypothèse Gaia. Cooper remarque comment, « contrastant profondément avec la thèse des limites écologiques à la croissance » (Cooper, 2008, p. 36), ces visions optimistes de l'agentivité microbienne peuvent conduire à l'idée problématique (explicite ou non) selon laquelle n'importe quelle limite écologique peut être (et sera) dépassée en mobilisant l'activité microbienne. Cooper souligne que l'enthousiasme pour le fait microbien, combiné avec un déni des récits globaux de dégradation des sols, peut conduire à voir dans le pilotage de la vie microbienne la solution à la crise environnementale en cours. En investiguant les manières dont les sols se trouvent aujourd'hui convoqués et enrôlés de manière croissante dans une série de projets et de promesses de transitions écologiques, urbaines, agricoles, et climatiques, le numéro interroge la pluralité et les ambiguïtés des formes d'écologisation des manières de connaître et de gérer les sols. Il suggère que, si les sols vivants tendent à être célébrés comme ouvrant à de nouvelles possibilités de conservation, de lien éthique et de « vivre ensemble », ils s'accommodent également très bien de logiques appropriatives, par exemple lorsque la vie des sols est envisagée comme un nouveau capital, ou que les nouvelles solutions de conservation des sols sont basées sur un surcroît d'innovations technologiques et de solutions de marchés, en lien avec des perspectives d'optimisation des services agricoles ou climatiques rendus par les sols.
- 14 Ce numéro cherche ensuite à saisir la manière dont les sols constituent un front le long duquel les politiques et des savoirs de l'environnement se transforment. Ces transformations résultent notamment de la confrontation des chercheurs, gestionnaires et citoyens avec une variété de surprises, déceptions ou apprentissages générés par l'agentivité particulière des sols, des formes de vie qui les constituent (des « animalcules » aux banques de graines et aux processus microbiens de décomposition

et de régénération de la matière organique), ainsi que des dynamiques géologiques et biogéochimiques qui les traversent (cycle du carbone, fissurations des roches, transformations des minéraux et résidus souterrains...). Loin de décrire simplement l'extension aux sols des dynamiques de conservation de la biodiversité ou de lutte contre les pollutions, il s'agit ainsi d'interroger **ce que les matérialités spécifiques des sols - leur hétérogénéité et leurs discontinuités, leur opacité, leur hybridité... - font aux savoirs et aux politiques de l'environnement**, en suscitant une multitude de surprises, d'imprévus et de questionnements qui, en ré-émergeant à la surface, viennent contrarier, déranger, interférer et reconfigurer les entreprises de restauration, d'amélioration, de cartographie, de pilotage et d'aménagement des sols.

Trois fronts de transformation des savoirs et des politiques des sols

- 15 On distinguera ici trois grands ensembles de dynamiques de transformation des savoirs et des politiques des sols, trois fronts où se joue une redéfinition des manières de concevoir, de connaître et de gérer les sols en tant qu'entités vivantes, vulnérables, mais aussi actives et dynamiques : (1) autour de l'important renouvellement des manières de connaître et de surveiller les sols dans les sciences du sols avec la montée en puissance de la biologie des sols, les **nouveaux outils de la cartographie numérique**, et le développement d'une **ingénierie écologique des sols** au service de leur restauration ; (2) autour du développement de préoccupations nouvelles envers les sols dans les projets d'aménagement urbain et l'émergence de **nouvelles pratiques de la fertilité** visant à retisser des liens entre lieux de consommation et lieux de production de la nourriture ; (3) autour des enjeux posés par les **pratiques d'enfouissement des résidus de l'activité industrielle** (déchets miniers, déchets nucléaires, carbone en surplus dans l'atmosphère...) dans des sols cartographiés, surveillés et sondés dans l'espoir qu'ils puissent constituer des « poubelles » sûres et stables dans le temps - et de la façon dont l'agentivité et le dynamisme de leur matérialité déjouent parfois ces espoirs. Si chacun de ces fronts possède une actualité spécifique, aucun d'eux ne peut être considéré comme complètement nouveau : ils s'ancrent au contraire dans des évolutions sur le temps long des manières de connaître et de gérer les sols. On situera les diverses contributions au numéro spécial dans chacun de ces fronts.

Nouvelles frontières en sciences des sols

- 16 La première partie du numéro spécial revient sur les transformations qu'encourent actuellement les sciences du sol, alors qu'elles sont amenées à participer à de nouveaux projets qui les font envisager leurs objets sous un jour nouveau.
- 17 Bien que la « découverte » de la vie des sols ne date pas d'aujourd'hui, l'écologie des sols est longtemps demeurée une perspective périphérique par rapport à des approches physico-chimiques dominantes dans l'après-guerre. **Depuis les années 1990, on assiste au retour en grâce d'approches écologiques qui renouvellent l'attention pour le rôle des organismes du sol** et qui en viennent à orienter les politiques des sols. Retraçant la trajectoire de l'intérêt pour les « sols vivants » à distance des discours qui insistent sur leur « découverte » contemporaine, la contribution de **Céline Pessis à ce numéro propose une histoire des sciences des sols** mettant en avant plusieurs séquences de

mise à l'agenda des sols vivants dans les mondes agricoles et agronomiques des années 1930 aux années 1970. Ces séquences sont portées par des acteurs et des projets variés – émanant notamment d'agendas alternatifs de développement agricole dans une période d'intense « modernisation » du secteur – et renvoient à **une diversité des manières de concevoir ce qui, dans le sol, relève du vivant.**

- 18 Depuis le milieu des années 2000, de nouvelles méthodes moléculaires permettent de caractériser les associations et groupes microbiens via l'analyse de l'ADN extrait directement des échantillons de sol – conduisant à de nouvelles visions de la vie et de la fertilité des sols. Alors que, pendant longtemps les approches microbiologiques du sol ont reposé sur la mise en culture, en laboratoire, de certaines souches bactériennes du sol isolées et étudiées *in vitro*, **le développement de techniques d'analyse de l'ADN des sols a fait naître l'espoir de déchiffrer le « texte » génétique des sols,** comme par exemple grâce au consortium **TerraGenome** mis en place en 2009, sur le modèle du projet du génome humain. Ces nouvelles méthodes moléculaires de métagénomique du sol, qualifiées de « révolutionnaires » par de nombreux chercheurs, donnent un accès sans précédent à la caractérisation des associations et des communautés microbiennes du sol et de leurs fonctions. Elles ont contribué à l'émergence de nouveaux espoirs quant à la **possibilité d'explorer la « Terra incognita » de la biodiversité souterraine** (Granjou & Philipps, 2018). Mais c'est notamment dans les centres de recherche sur l'agriculture que l'écologie des sols est aujourd'hui développée, dans l'objectif d'améliorer les rendements agricoles en se fondant sur des formes de restauration et de stimulation biologique des sols tout en utilisant moins d'intrants chimiques. Ces travaux et leurs applications mettent l'accent sur le « capital » que représente la vie microbienne souterraine et **les « services » rendus par les microbes pour la productivité agricole** (Granjou & Phillips, 2018 ; Krzywoszynska, 2020).
- 19 De manière parallèle au retour en grâce de l'écologie des sols, et depuis les années 1970 au moins, les sciences des sols s'affirment dans une posture de production de données statistiques, de cartographie et de surveillance à grande échelle du sol, participant ainsi à étendre une approche globaliste de l'environnement mise en place dès la fin des années 1960 (Mahrane *et al.*, 2012 ; Boudia, 2014), en construisant une approche du « sol global ». Dans la seconde moitié du 20ème siècle, les rapports internationaux sur l'état des sols portés par des institutions telles que la FAO et l'UNCCD ont en effet contribué à mettre à l'agenda **l'idée d'un sol « global » – au sens du compartiment sol de la planète Terre, à la différence d'une vision portée sur les divers types de sols locaux liés à des usages particuliers, notamment agricoles.** L'émergence de ce sol global s'accompagne de nouveaux outils, critères et catégories partagés par les scientifiques, experts et gestionnaires pour le décrire (FAO/UNESCO Soil Map of the World à partir de 1974, World Reference Base for Soil Resources à partir de 1998...) et d'institutions dédiées à sa surveillance (Elie, 2015 ; Selcer, 2018). **Depuis les années 1990, cette globalisation de la pensée du sol repose de plus en plus sur le développement de la cartographie digitale des sols.** Cherchant à prédire les propriétés des sols (leur composition en carbone par exemple, ou en divers polluants) en tout point du globe en s'appuyant sur l'identification de corrélations statistiques entre les données environnementales produites par imagerie satellite et un certain nombre de mesures et observations pré-existantes sur les sols, la **cartographie digitale des sols** a donné lieu au développement de grands projets, comme **le projet Globalsoilmap** lancé à la fin des années 2000, qui cherchent à cartographier et suivre l'état des sols de la planète à une échelle toujours plus fine dans l'optique de fournir une expertise utile aux politiques

environnementales et climatiques. **Le sol se trouve notamment redéfini de manière croissante comme un stock global de carbone souterrain** qu'il s'agit d'évaluer, mesurer, cartographier, modéliser et optimiser, dans la perspective d'équilibrer les émissions anthropogéniques de gaz à effet de serre et le pouvoir séquestrant des puits de carbone⁵. C'est ainsi à un phénomène de « climatisation » (Aykut, Foyer & Morena, 2017) des sols et des sciences des sols qu'ouvrent les espoirs placés dans la séquestration du carbone dans les sols agricoles et forestiers (Kearnes & Rickards, 2020). La contribution de Juliette Kon Kam King à ce numéro montre comment les développements de la cartographie digitale redistribuent la division du travail dans les laboratoires en faisant la part belle aux compétences de statistique et de modélisation informatique au détriment des compétences pédologiques de terrain. Ceci s'accompagne d'enjeux de redéfinition de ce que signifie connaître le sol, passant d'une perspective de description située de la formation des divers types de sols, à un objectif de surveillance des propriétés fonctionnelles d'un sol de plus en plus vu comme la partie souterraine de l'environnement global, du « système Terre » et de la « zone critique » que chercheurs et experts cherchent à ausculter et modéliser de manière toujours plus intégrée et exhaustive.

- 20 Au cours des dernières années, les techniques de restauration du sol ont, elles aussi, été réinvesties sous un jour nouveau, alors que la « compensation écologique » devient une notion phare des cadres légaux de la protection de l'environnement. La contribution de Lucas Brunet décrit un projet de restauration de la steppe méditerranéenne visant à compenser les destructions d'un sol par la restauration d'un autre sol (et de sa végétation). Partant d'une attention envers les affects des écologues du sol dans leur travail quotidien – et notamment les « surprises » auxquelles ils se retrouvent confrontés – il montre combien ces tentatives s'avèrent incertaines et limitées, et souligne le surgissement de surprises inattendues notamment liées au « réveil » de certaines graines contenues de la banque de graines des sols locaux, venant modifier les savoirs et les espoirs des chercheurs et des gestionnaires impliqués dans la compensation écologique. Ce faisant, il pointe également les défis particuliers que posent l'opacité et l'hétérogénéité des sols aux efforts de connaissance, de gestion et de pilotage des processus microbiens et des formes de fertilité qu'ils rendent possibles.

Retisser les liens entre villes et sols : approches urbanistiques et nouvelles pratiques de la fertilité

- 21 La deuxième partie du numéro spécial s'interroge sur la prise en compte croissante de la qualité et de la fertilité des sols dans les projets d'aménagement urbain, dans l'optique d'enrayer ou de compenser le processus d'imperméabilisation d'une surface toujours croissante des sols planétaires. Les sciences des sols ont largement contribué à la réalisation du fait que **l'expansion urbaine mondiale a conduit à une perte de sols fertiles au fur et à mesure que ceux-ci se trouvent remplacés par des bâtiments, des routes et d'autres infrastructures**. Les surfaces imperméables couvrent désormais 1,3 % du territoire des États-Unis et 9 % de celui de l'Europe – un chiffre qui dépasse largement les 10 % pour certains pays européens (Scalenghe & Marsan, 2009). La mise à l'agenda de la notion « d'artificialisation des sols » (Desrousseaux *et al.*, 2019) dans les lois et politiques de l'aménagement⁶ vise aujourd'hui à réguler ce processus. Dans le même temps, des filières de réutilisation ou de recyclage de sol se mettent en place dans certaines grandes villes afin, d'une part, de limiter l'importation de terre agricole

extraites des champs environnants, et, d'autre part, de trouver un nouvel exutoire pour les « déchets » organiques et minéraux produits par la ville (Meulemans, 2020b). Entre ingénierie écologique institutionnalisée et initiatives citoyennes spontanées, les pratiques de **refabrication du sol urbain** se multiplient à de nombreux niveaux. Des initiatives d'agriculture urbaine, de jardinage et de compostage collectifs ou individuels (Chalmandrier *et al.*, 2017), à l'occupation spontanée (et parfois illégale) de friches urbaines (Meulemans, 2020a), les pratiques et les objectifs sont variés, reliant de manière originale les préoccupations environnementales autour de la conservation et la restauration d'espaces de nature en ville, et les préoccupations sociales autour de l'invention de nouvelles manières d'habiter collectivement les espaces urbains.

- 22 Si les aménageurs urbains ont aujourd'hui une conscience accrue des enjeux de conservation des sols (Mantziaras & Viganò, 2016), l'intégration de ces préoccupations aux projets d'urbanisme continue de faire problème. La contribution de **Nolwenn Gauthier** à ce numéro retrace l'évolution d'un projet d'urbanisation d'une plaine agricole du Grand Paris et la manière dont ce projet articule une perspective de valorisation des sols agricoles à des objectifs d'aménagement urbain plus classiques. En s'intéressant aux manières dont urbanistes, architectes, agriculteurs et pouvoirs publics tentent de retisser des liens entre la ville et les sols, elle montre que la recomposition des relations ville-agriculture en jeu dans ce projet renvoie à la construction de récits métropolitains autour de la production de l'alimentation des villes *sur et à partir de leurs propres sols*.
- 23 La contribution de **Paola Viganò Martina Barcellona Corte et d'Antoine Vialle** montre quant à elle la manière dont l'urbanisme se redéploie en prenant en compte le caractère multifonctionnel des sols. S'appuyant sur l'évolution récente des concepts et des projets d'urbanisme en Suisse, les auteurs suggèrent que **le sol urbain, véritable « palimpseste » des processus humains et naturels qui ont participé à la fabrique d'un lieu, ne doit plus être considérés uniquement comme un support pour le foncier, mais donner lieu à un véritable projet du sol ancré dans une production de savoirs pluridisciplinaires sur sa matérialité et son écologie.**
- 24 Dans un registre moins urbanistique et touchant plutôt aux outils *low-tech* et aux initiatives citoyennes, les deux articles suivants prennent pour objet les techniques et savoir-faire permettant d'enrôler les processus de décomposition, transformation et régénération dans des projets de re-fertilisation des sols à partir du recyclage des déchets organiques urbains. La contribution de **Marine Legrand** aborde le déploiement de nouvelles visions de la fertilité des sols en investiguant **une variété d'initiatives de retour au sol des excréments humains**. Explorant la manière dont ces initiatives renvoient à un mélange de genre entre imaginaires militants de la reconnexion au sol et à son pouvoir de régénération de la vie, et savoirs d'ingénierie sur la « séparation à la source des eaux usées » qui témoignent d'une forme d'institutionnalisation de ces préoccupations, l'autrice **resitue la montée des préoccupations pour la re-fertilisation des sols dans le cadre d'une attention pour les processus métaboliques plus larges de transformation de la matière et de circulation des nutriments**. La contribution de **Céline Granjou, Marc Higgin et Coralie Mounet** revient enfin sur la proximité établie par les praticiens composteurs avec les mécanismes de décomposition et de pourrissement associés au compostage des restes alimentaires. Pointant l'introduction, dans l'ordre domestique, d'une série de savoirs faire, de « savoir voir » et d'expérimentations situées, ils suggèrent que **le compostage des restes alimentaires**

introduit un nouveau rapport aux déchets, qui, de détritiques, tendent à devenir une matière dont la capacité productive est « domestiquée », mais jamais totalement contrôlée.

Les sols comme poubelle de l'ère industrielle

- 25 La troisième partie de ce numéro spécial revient sur les savoirs, pratiques et représentations des sols et des sous-sols comme lieux d'enfouissement ou d'abandon des résidus de l'activité industrielle des sociétés contemporaines – déchets miniers, déchets nucléaires, ou encore carbone en surplus dans l'atmosphère généré par la combustion des énergies fossiles. Kearnes et Rickards (2017) ont montré comment la représentation du sol en termes de container ou de poubelle stable, voire éternelle, conditionne la possibilité de continuer à se projeter dans un futur de production et de consommation fondées sur l'économie fossile, semblable au présent. Hird et Clark (2013) ont quant à eux alerté sur la manière dont nos déchets, enfouis et supposément stabilisés dans les dispositifs techniques des décharges accueillant divers niveaux de toxicité, vont, en s'échappant sous la forme inévitable de fuites et autres lixiviats, impacter les formes de vie souterraines et, peut-être, transformer les identités et les activités des communautés microbiennes dans la plus grande indifférence de notre part (voir aussi Higgin, 2016). Ces auteurs s'attachent donc à mettre en évidence le caractère actif et dynamique des résidus et déchets enfouis ou abandonnés dans les sols, et la manière dont cette agentivité propre aux roches ou aux minéraux bat en brèche les espoirs de stabilité et d'éternité qui entourent les pratiques d'enfouissement ou d'abandon des déchets industriels dans les sols.
- 26 La contribution de Christelle Gramaglia suit la trajectoire d'un ancien sol minier en Espagne, et décrit la mobilisation d'un chercheur lanceur d'alerte qui parvient à produire des savoirs inédits sur les capacités de contamination des résidus miniers. L'auteur pointe la lente et difficile prise de conscience, de la part des habitants et des pouvoirs publics locaux, du caractère actif et nocif des résidus industriels que le sol recèle et dissémine sous forme de poussières toxiques dans les villages, les maisons et les corps des riverains. Les difficultés de cette prise de conscience du dynamisme des résidus (Boudia *et al.*, 2018) que l'on croyait enfouis, peut-être pour toujours, dans les sols miniers, résonnent plus largement avec la représentation d'un « sol-poubelle » dans lequel on pourrait enfouir et oublier les divers déchets produits par la société et les risques qu'ils représentent.
- 27 La contribution à ce numéro de Tania Navarro revient quant à elle sur le processus de choix du sol, plutôt que de la mer, comme « réceptacle » pertinent pour recevoir les déchets nucléaires et assurer leur stabilité à des échelles de temps difficilement imaginables. Ce faisant, elle rappelle que le sol global ne se construit pas uniquement en lien avec les promesses de lutte contre le changement climatique et la crise écologique, mais également avec les espoirs d'invisibilisation de déchets hautement radioactifs, dont dépend la continuité de l'industrie nucléaire.
- 28 Particulièrement révélateurs des imaginaires d'éternité et de stabilité constante dont fait l'objet le sous-sol, les deux derniers articles reviennent sur la problématique de l'enfouissement des déchets nucléaires, et montrent les difficultés qui se posent lorsque technoscience et sous-sol se rencontrent, obligeant à prendre en compte la plasticité et l'agentivité bien réelles de ce dernier. C'est à décrire le déploiement d'efforts, de

savoirs et de techniques visant justement à stabiliser les déchets nucléaires et à éviter leurs fuites, que se consacre la contribution à ce numéro de **Leny Patinaux**. Insistant sur les liens entre l'étude du sous-sol et le gouvernement des populations sus-jacentes, Leny Patinaux revient sur l'obligation de démonstration de la sûreté des projets de stockage de déchets nucléaires imposée par la loi de 1991. Il explore la manière dont cette démonstration repose notamment sur la rencontre directe avec les propriétés et l'agentivité de la roche lors du creusement d'un laboratoire souterrain, et suggère l'impossibilité de stabiliser une démonstration de la sûreté sur les temps extrêmement longs et pointe les mécanismes de simplification des représentations de l'évolution future de la sûreté des projets de stockage en jeu.

- 29 Enfin, la contribution de **Başak Saraç-Lesavre** rappelle, quant à elle, avec beaucoup de justesse que les projets d'enfouissement des déchets nucléaires ne suscitent pas uniquement des logiques de contestation et d'alerte, mais aussi l'organisation de pratiques actives de lobbying de la part de groupes d'acteurs souhaitant que leurs sous-sols demeurent, ou deviennent, des sites d'enfouissement nucléaire. À travers son étude de la production, par ces acteurs locaux, de répertoires alternatifs d'évaluation pour qualifier « leur sol » comme site désirable et éligible pour l'enfouissement, Başak Saraç-Lesavre montre comment, à distance de l'idée d'un « sol-poubelle », se dessinent des géologies dont la matérialité elle-même devient porteuse de valeur économique et identitaire.

Nous remercions vivement l'IFRIS, la Société d'Anthropologie des Connaissances ainsi que le Centre Alexandre-Koyré qui ont permis aux éditeurs et aux contributeurs de ce numéro spécial de se réunir et d'échanger en septembre 2019. Nous remercions également Soraya Boudia et Elise Demeulenaere pour leur relecture attentive d'une version préliminaire de ce texte. Enfin nous remercions le Labex ITTEM pour son soutien aux recherches de C. Granjou sur les rapports aux sols menées dans le cadre du projet AlpSols.

BIBLIOGRAPHIE

- Aykut, S. C., Foyer, J. & Morena, E. (eds.) (2017). *Globalising the Climate: COP21 and the Climatisation of Global Debates*. Abingdon: Taylor & Francis.
- Bardgett, R. & van der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, 515, 505-511. <https://doi.org/10.1038/nature13855>
- Barrera-Bassols, N. & Zinck, J. A. (2003). **Ethnopedology**: A worldwide view on the soil knowledge of local people. *Geoderma*, 111(3), 171-195. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00263-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00263-X)
- Baveye, P., Baveye, J. & Gowdy, J. (2016). Soil “ecosystem” services and natural capital: Critical appraisal of research on uncertain ground. *Frontiers in Environmental Science*, 4, 41. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00041>
- Bertoni, F. (2013). Soil and worm: On eating as relating. *Science as Culture*, 22(1), 61-85. <https://doi.org/10.1080/09505431.2013.776365>

Bispo, A., Guellier, C., Martin, E., Sapjanskas, J., Soubelet, H., & Chenu, C. (2016). *Les sols : Intégrer leur multifonctionnalité pour une gestion durable*. Versailles : Quae.

Blaikie, P. (1985). *The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries*. London and New York: Longman.

Boudia, S. (2014). Observing the environmental turn through the Global Environment Monitoring System. In S. Turchetti and P. Roberts (eds.), *The Surveillance Imperative: Geosciences during the Cold War and Beyond* (pp. 195-212). New York: Palgrave Macmillan.

Boudia, S., Creager, A., Frickel, S., Henry, E., Jas, N., Reinhardt, C. & Roberts, J. A. (2018). Residues: Rethinking chemical environments. *Engaging Science, Technology and Society*, 4, 165-178. <https://doi.org/10.17351/ests2018.245>

Boulaine, J. (1989). *Histoires des pédologues et de la science des sols*. Paris : INRA.

CESE (2020). *Les propositions de la Convention Citoyenne pour le Climat. Version corrigée le 20 juillet 2020*. Conseil économique, social et environnemental. Paris : DICOM CESE.

Chalmandrier, M., Canavese, M., Petit-Berghem, Y. & Rémy, E. (2017). “L’agriculture urbaine”, entre concept scientifique et modèle d’action : Une notion mise à l’épreuve par le jardinage et le sol urbains. *Géographie et Cultures*, 101, 119-138. <https://doi.org/10.4000/gc.5052>

Charbonnier, P., Garcier, R. & Rivière, C. (eds.) (2017). Numéro spécial : “**Revenir à la terre**”. *Tracés* (33). <https://doi.org/10.4000/traces.6958>

Chatelin, Y. (1995). Genèse, mutation et éclatement des paradigmes : Le cas de la science des sols tropicaux. In Y. Chatelin & C. Bonneuil (eds.), *Les Sciences Hors d’Occident au 20^{ème} siècle*. Vol. 3: *Nature et environnement* (pp. 141-154). Paris : Orstom éditions.

Churchman, J. (2010). The philosophical status of soil science. *Geoderma*, 157(3), 214-221. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.04.018>

Clark, N. (2011). *Inhuman Nature: Sociable Life on a Dynamic Planet*. London: SAGE.

Cohen, J. J. (2015). *Stone: An Ecology of the Inhuman*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Cooper, M. (2008). *Life as Surplus: Biotechnology and Capitalism in the Neoliberal Era*. Washington: University of Washington Press.

Demeulenaere, E. & Goulet, F. (2012). Du singulier au collectif : Agriculteurs et objets de la nature dans les réseaux d’agriculture “alternative”. *Terrains et Travaux*, 1(20), 121-138.

Desrousseaux, M., Béchet, B., Le Bissonnais, Y., Ruas, A., Schmitt, B. (coord.) (2019). *Sols artificialisés. Déterminants, impacts et leviers d’action*. Versailles : Quae.

Ekbladh, D. (2002). “Mr. TVA”: Grass-roots development, David Lilienthal, and the rise and fall of the Tennessee Valley Authority as a symbol for U.S. overseas development, 1933-1973, *Diplomatic History*, 26, 335-374. <https://doi.org/10.1111/1467-7709.00315>

Elie, M. (2015). The Soviet Dust Bowl and the Canadian erosion experience in the new lands of Kazakhstan, 1950s-1960s. *Global Environment*, 8(2), 259-292. <https://doi.org/10.3197/ge.2015.080202>

FAO & ITPS (2015). *Status of the World's Soil Resources*. Food and Agriculture Organization, Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome: FAO.

Fournil, J., Kon Kam King, J., Cécillon, L. & Granjou, C. (2018). Le sol : Enquête sur les mécanismes de (non) émergence d’un problème public environnemental. *Vertigo*, 18(2) <https://journals.openedition.org/vertigo/20433>

- Frickel, S. & Elliott, J. (2018). *Sites Unseen: Uncovering Hidden Hazards in American Cities*. New York: Russell Sage Foundation.
- Gobat, J.-M., Aragno, M. & Matthey, W. (2004). *The Living Soil: Fundamentals of Soil Science and Soil Biology*. Enfield, Plymouth: Science Publishers, Inc.
- Goulet, F. (2010). *Nature et ré-enchantement du monde*. In B. Hervieu, N. Mayer, P. Muller, F. Purseigle & J. Rémy (eds.) *Les Mondes Agricoles en Politique* (pp. 51-71). Paris : Presses de Sciences Po.
- Granjou, C. & Philipps, C. (2018). Living and labouring soils: Metagenomic technologies and a new agricultural revolution? *BioSocieties*, 13, 1-23. <https://doi.org/10.1057/s41292-018-0133-0>
- Granjou, C. & Salazar, J. (2019). The stuff of soil: Below-ground agency in the making of future climates, *Nature and Culture*, 14(1), 39-60. <https://doi.org/10.3167/nc.2019.140103>
- Hartemink, A. E. & McBratney, A. (2008). A soil science renaissance. *Geoderma*, 148(2), 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.10.006>
- Helmreich, S. (2009). *Alien Ocean: Anthropological Voyages in Microbial Seas*. Berkeley: University of California Press.
- Higgin, M. (2016). The other side of society: Reflections on waste and its place. *Antropología*, 3(1), 67-88. <http://dx.doi.org/10.14672/ada2016436%25p>
- Hird, M. & Clark, N. (2013). Deep shit. *O-Zone: A Journal of Object-Oriented Studies*, 1(1), 44-52.
- IPBES (2019). *Assessment Report on Land Degradation and Restoration*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn: IPBES.
- IPCC (2019). *Special Report on Climate Change and Land*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC.
- Jankowski, F. (2013). Les typologies traditionnelles sont-elles fonctionnelles ? Recherche participative et connaissance locale des sols au Sénégal. *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, 7(1), 271-290. <https://doi.org/10.3917/rac.018.0271>
- Kearnes, M., & Rickards, L. (2017). Earthly graves for environmental futures: Techno-burial practices. *Futures*, 92, 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.12.003>
- Kearnes, M. & Rickards, L. (2020). Knowing earth, knowing soil: Epistemological work and the political aesthetics of regenerative agriculture. In J. Salazar, M. Kearnes, C. Granjou, A. Krzywoszynska and M. Tironi (eds.) *Thinking with Soils: Social Theory and Material Politics* (pp. 71-88). London: Bloomsbury.
- Kinchy, A. J., Phadke, R. & Smith J. (eds.) (2018). Special issue: Engaging the Underground: An STS Field in Formation. *Engaging Science, Technology and Society*, 4. <https://doi.org/10.17351/ests2018.213>
- Kirksey, E. & Helmreich, S. (2010). The emergence of multispecies ethnography. *Cultural Anthropology*, 25(4), 545-576. <https://doi.org/10.1111/j.1548-1360.2010.01069.x>
- Kon Kam King, J., Granjou, C., Fournil, J. & Cécillon, L. (2018). Soil sciences and the French 4 per 1000 Initiative: The promises of underground carbon. *Energy Research and Social Sciences*, 45, 144-152. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.06.024>
- Krzywoszynska, A. (2020). *Nonhuman labor and the making of resources: Making soils a resource through microbial labor*. *Environmental Humanities*, 12(1), 227-249. <https://doi.org/10.1215/22011919-8142319>

Krzywoszynska, A. & Marchesi, G. (eds.) (2020). Special issue: Conceiving soils and humans in the Anthropocene. *Environmental Humanities*, 12(1).

Li, T. M. (2014). What Is land? Assembling a resource for global investment. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 39(4), 589–602. <https://doi.org/10.1111/tran.12065>

Lorimer, J. (2016). Gut buddies: Multispecies studies and the microbiome. *Environmental Humanities* 8(1), 57-76. <https://doi.org/10.1215/22011919-3527722>

Lyon, C. (2020). *Vital Decomposition: Soil Practitioners and Life Politics*. Durham, NC: Duke University Press.

Mahrane, Y., Fenzi, M., Pessis, C. & Bonneuil, C. (2012). From nature to biosphere: The political invention of the global environment, 1945-1972, *Vingtième Siècle: Revue d'Histoire*, 1(113), 127–141. <https://doi.org/10.3917/vin.113.0127>

Mantziaras, P. & Viganò, P. (eds.) (2016). *Le Sol des Villes : Ressource et Projet*. Geneva: MétisPresses.

McNeill, J. & Winiwarter, V. (2004). Breaking the sod: Humankind, history, and soil. *Science*, 304(5677), 1627-1629. <https://doi.org/10.1126/science.1099893>

McNeill, J. & Winiwarter, V. (2010). *Soils and Societies: Perspectives from Environmental History*. Winwick: White Horse Press.

Meulemans, G. (2019). Wormy collaborations in practices of soil construction. *Theory, Culture & Society* 37(1), 93-112. <https://doi.org/10.1177/0263276419851857>

Meulemans, G. (2020a). Reclaiming freak soils: From conquering to journeying with urban soils. In J. Salazar, M. Kearnes, C. Granjou, A. Krzywoszynska and M. Tironi (eds.), *Thinking with Soils: Social Theory and Material Politics* (pp. 157-174). London: Bloomsbury.

Meulemans, G. (2020b). Urban pedogeneses: The making of city soils from hard surfacing to the urban soil sciences. *Environmental Humanities*, 10(2), 250-266. <https://doi.org/10.1215/22011919-8142330>

Paxson, H. (2008). Post-Pasteurian cultures: The microbiopolitics of raw-milk cheese in the United States. *Cultural Anthropology*, 23(1), 15-47. <https://doi.org/10.1111/j.1548-1360.2008.00002.x>

Peyrière, M. & Ribert, E. (eds.) (2019). Numéro spécial : Vivants sous terre. *Communications*, 105.

Pimentel, D. & Burgess, M. (2013) Soil erosion threatens food production. *Agriculture*, 3(3), 443-463. <https://doi.org/10.3390/agriculture3030443>

Puig de la Bellacasa, M. (2014). Encountering bioinfrastructure: Ecological struggles and the sciences of soil. *Social Epistemology: A Journal of Knowledge, Culture and Society*, 28(1), 26–40. <https://doi.org/10.1080/02691728.2013.862879>

Puig de la Bellacasa, M. (2015). Making time for soil: Technoscientific futurity and the pace of care. *Social Studies of Science*, 45(5), 738–748. <https://doi.org/10.1177/0306312715599851>

Puig de la Bellacasa, M. (2019). Re-animating soils: Transforming human–soil affections through science, culture and community. *The Sociological Review*, 67(2), 391-407. <https://doi.org/10.1177/0038026119830601>

Robertson, M. (2012). Measurement and alienation: Making a world of ecosystem services. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 37(3), 386–401. <https://www.jstor.org/stable/41678640>

- J. Salazar, Kearnes, M., Granjou, C., Krzywoszynska, A. and Tironi, M. (eds.) *Thinking with Soils: Social Theory and Material Politics*. London: Bloomsbury.
- Scalenghe, R. & Marsan, F. A. (2009). The anthropogenic sealing of soils in urban areas. *Landscape and Urban Planning*, 90(1/2), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.10.011>
- Selcer, P. (2018). *The Postwar Origins of the Global Environment. How the United Nations Built Spaceship Earth*. New York: Columbia University Press.
- Showers, K. B. (2006). Soil erosion and conservation: An international history and a cautionary tale. In B. P. Warkentin (ed.) *Footprints in the Soil: People and Ideas in Soil History* (pp. 369-406). Amsterdam: Elsevier.
- Sugden, A., Stone, R. & Ash, C. (eds.) (2004). Special Issue: Soils—The Final Frontier. *Science*, 304(5677).
- Tironi, M. (2020). Soil refusal: Thinking earthly matters as radical alterity. In J. Salazar, M. Kearnes, C. Granjou, A. Krzywoszynska and M. Tironi (eds.) *Thinking with Soils: Social Theory and Material Politics* (pp. 175-190). London: Bloomsbury.
- UNCCD (2014). *Land Degradation Neutrality Report*. United Nations Convention to Combat Desertification. Bonn: UNCCD.
- Warkentin, B. (ed.) (2006). *Footprints in the Soil: People and Ideas in Soil History*. Amsterdam: Elsevier.
- Winiwarter, V. (2014). Environmental history of soils. In M. Agnoletti and S. Neri Serneri (eds.), *The Basic Environmental History* (pp. 79-119). New York: Springer.
- Worster, D. (2004). *Dust Bowl: The Southern Plains in the 1930s*. Oxford: Oxford University Press.

NOTES

1. Dès le milieu du XX^{ème} siècle, la pédologie et les entreprises de classification et de cartographie des sols se retrouvent au centre des projets de modernisation agricole dans les pays du Nord comme dans les régions colonisées (Ekbladh, 2002 ; Showers, 2006). Un de leurs modèles principaux est l'US Soil Conservation Service (aujourd'hui le Natural Resources Conservation Service), établi en 1935 à la suite du Dust Bowl qui a ravagé une partie des États du Midwest afin de surveiller l'état des sols et de promouvoir des pratiques agricoles permettant de limiter leur érosion (Worster, 2004).
2. Durant cette période, dans la foulée des nombreux plans de modernisation agricole, un modèle agricole basé sur la spécialisation des cultures et des territoires, sur les énergies carbonées, les engrais et les pesticides se généralise au Nord comme au Sud. S'appuyant sur une conception restreinte de la fertilité du sol, basée sur quelques facteurs agronomiques, les agronomes de cette période tendent à le réduire à un simple substrat apte à absorber les nutriments nécessaires à la croissance des plantes cultivées (Winiwarter, 2014).
3. On notera toutefois l'importante collection *Footprints in the Soil*, éditée par Benno Warkentin (2006), qui rassemble des regards disciplinaires variés sur la transformation des définitions et manières de connaître le sol au sein des sciences du sol et au-delà.
4. Voir notamment les numéros spéciaux récents dans *Tracés* (Charbonnier *et al.*, 2017), dans *Engaging Science, Technology and Society* (Kinchy, Phadke & Smith, 2018) ; *Communications* (Peyrière & Ribert, 2019) ; *Environmental Humanities* (Krzywoszynska & Marchesi, 2020) ; *l'ouvrage collectif Thinking with Soils* (Salazar *et al.*, 2020), ou encore (Lyon, 2020)
5. Voir notamment l'initiative « 4 pour 1000 : les sols pour la sécurité alimentaire et le climat » lancée par le gouvernement français fin 2015 et qui vise à développer des pratiques agricoles et

forestières capables de stocker davantage de carbone dans les sols. L'initiative se fonde sur un calcul démontrant qu'un accroissement annuel de 0,4 % du stock global de carbone contenu dans les sols de la planète permettrait de compenser l'ensemble des émissions anthropogéniques annuelles de gaz à effet de serre.

6. Au niveau français, un objectif de « zéro artificialisation nette » est annoncé par le gouvernement dans le Plan biodiversité de 2018, et pas moins de 13 mesures récemment proposées par la Convention citoyenne pour le climat concernent la lutte contre l'étalement des villes sur les terres agricoles (CESE, 2020).

RÉSUMÉS

En dépit de son importance clef pour les écosystèmes et les sociétés, le sol demeure largement compris comme un socle inerte, un arrière-plan pour l'existence biologique et sociale à sa surface. Ce numéro spécial se penche sur les dynamiques de production, de circulation et de mobilisations des savoirs sur les sols afin d'explorer la manière dont les sols déplacent les lignes et les frontières de nos manières de concevoir, connaître et gouverner l'environnement, la nature et le vivant. Cet article introductif revient d'abord sur la trajectoire du sol dans les sciences humaines et sociales, d'objet périphérique ou invisible à un ensemble de réflexions pionnières pour penser les enjeux politiques et éthiques du non-humain. Il identifie ensuite trois fronts de transformation des savoirs sur les sols, d'abord autour de reformulations des concepts et outils des sciences du sol ; ensuite, dans la prise en compte croissante des sols dans les projets d'aménagement et le développement de nouvelles pratiques collectives de retour au sol des déchets organiques ; enfin, autour des enjeux d'enfouissement des déchets industriels et de la façon dont l'agentivité des sols et sous-sols déjoue parfois les espoirs placés dans un « sol-poubelle ». On présentera enfin les contributions au numéro spécial.

Despite its vital importance for ecosystems and societies, soil largely remains understood as an inert base, a backdrop for the biological and social life that exists at its surface. This special issue looks at the dynamics of production, circulation and mobilisation of knowledge about soils in order to explore how soils shift the lines and boundaries of our ways of perceiving, knowing and managing the environment, nature and living things. This introduction begins by examining soil's trajectory in the human and social sciences, from a peripheral and invisible object to a set of groundbreaking considerations for thinking the political and ethical issues of the non-human. It then identifies three areas of transformation in terms of soil knowledge: first, reworkings of the concepts and tools of soil sciences; second, the growing consideration for soils in planning projects and in the development of new collective practices for returning organic waste to the ground; and finally, issues around burying industrial waste and how the agency of soils and subsoils at times subverts the expectation that these act as a long-term dumping ground. We end by introducing the contributions to this special issue.

Pese a su rol en los ecosistemas y en las sociedades, el suelo sigue siendo considerado como un lecho inerte, telón de fondo para la existencia biológica y social en su superficie. En este número especial examinaremos la dinámica de la producción, de la circulación y de la movilización de los conocimientos sobre los suelos, con el fin de explorar cómo estos desplazan los límites y las fronteras de nuestras formas de concebir, conocer y gobernar el medio ambiente, la naturaleza y

los seres vivos. Este artículo introductorio repasa la historia del suelo en las ciencias humanas y sociales, desde un objeto periférico o invisible, hasta un conjunto de reflexiones pioneras sobre los desafíos políticos y éticos de lo no-humano. En un segundo momento, se identifican tres frentes que dieron paso a la transformación de los conocimientos sobre los suelos: en primer lugar, la reformulación de los conceptos e instrumentos de la ciencia del suelo; en segundo lugar, la creciente consideración de los suelos en los proyectos de desarrollo y el perfeccionamiento de nuevas prácticas colectivas para devolver los residuos orgánicos al suelo; en tercer lugar, las cuestiones del enterramiento de los residuos industriales y la forma en que la disposición de los suelos y subsuelos a veces frustra las esperanzas depositadas en un «suelo-basura». Por último, se presentarán contribuciones al número especial.

INDEX

Palabras claves : suelo, ciencias del suelo, ciudad, microbio, desecho, residuo industrial, ecologización

Keywords : soil, soil science, city, microbes, waste, industrial waste, ecologisation

Mots-clés : sol, sciences du sol, ville, microbe, déchet, résidus industriels, écologisation

AUTEURS

GERMAIN MEULEMANS

Docteur en anthropologie des universités d'Aberdeen et de Liège. En 2018, il a rejoint le Centre Alexandre-Koyré (EHESS, CNRS, MNHN) grâce à une bourse postdoctorale de l'IFRIS. Il s'intéresse aux rapports entre sols et villes et à l'émergence de nouvelles sciences et techniques du sol urbain.

<https://orcid.org/0000-0002-6953-7231>

Adresse : Centre Alexandre-Koyré, 27 Rue Damesme, FR-75013 Paris (France)

Courriel : [meulemans.germain\[at\]gmail.com](mailto:meulemans.germain[at]gmail.com)

CÉLINE GRANJOU

Directrice de recherches en sociologie des sciences et de l'environnement à Inrae, Lessem, Univ. Grenoble Alpes, et chercheure associée au Laboratoire Interdisciplinaire Science Innovation Société, Lisis, Paris Marne la Vallée. Elle s'intéresse aux rapports au sol, aux régimes d'anticipation environnementale et aux politiques de la biodiversité et du changement climatique.

<https://orcid.org/0000-0001-5867-0646>

Adresse : Inrae Grenoble, 2 rue de la Papeterie, BP 76, FR-38400 Grenoble (France)

Courriel : [celine.granjou\[at\]inrae.fr](mailto:celine.granjou[at]inrae.fr)