



CONSTRUCTION ET CIRCULATION DES CONNAISSANCES SUR LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DES SOLS EN AGRICULTURE DE CONSERVATION

COSAC

Hélène Brives et Florence Hellec

AgroParisTech et ISARA-Lyon
23 rue Jean Baldassini – 60364 Lyon cedex 07

hbrives@isara.fr

Synthèse du rapport final *Juin 2014*

Coordination du projet : Hélène Brives (AgroParisTech puis ISARA-Lyon à partir de septembre 2013)

Participants au projet : Eric Blanchart (IRD Montpellier), Aurélie Cardona (AgroParisTech puis INRA Avignon), Stéphane de Tourdonnet (Supagro Montpellier), Christian Deverre (INRA Paris), Patricia Garnier (INRA Grignon), Frédéric Goulet (CIRAD Montpellier), Florence Hellec (AgroParisTech), Joséphine Peigné (ISARA-Lyon), Sylvie Recous (INRA Reims), Pascal Thiebeau (INRA Reims), Jean-François Vian (ISARA-Lyon), Laure Vieublé (INRA Grignon).

Contexte général, objectifs du projet

Considérer l'élargissement des fonctions du sol vers des aspects environnementaux mais aussi sociaux via la notion de « service écosystémique » pose de nouvelles questions aux agriculteurs et aux chercheurs travaillant sur le sol aussi bien qu'aux décideurs politiques. L'émergence de la notion de service écosystémique constitue une intrusion de la société et du politique dans le laboratoire des chercheurs et sur les parcelles des agriculteurs ; les uns et les autres sont aujourd'hui questionnés : telle propriété du sol que vous étudiez précisément ou que vous essayez de valoriser dans une perspective de performance agronomique, est-elle bénéfique aux haies qui entourent les parcelles, à la rivière en aval, aux abeilles et aux oiseaux, aux générations futures, aux vers de terre et aux micro-organismes du sol, à la santé des consommateurs etc. ? Quelles sont ses conséquences en termes de sécurité alimentaire, aujourd'hui et à long terme, en termes de biodiversité, de gaz à effet de serre, de pollution de l'eau ? Les échelles de temps et d'espace sont déplacées, démultipliées et de nouveaux acteurs, microfaune ou générations futures, apparaissent. On peut parler aujourd'hui d'un certain déconfinement de l'objet « sol » hors des laboratoires et des parcelles agricoles.

Notre projet est de comprendre, de manière symétrique, comment ces déplacements modifient la manière dont chercheurs et agriculteurs mobilisent dans leur travail le sol (et les objets qui y sont associés) et pensent ses fonctions. Le champ de l'agriculture de conservation - laquelle sous ses différentes modalités s'étendait déjà sur 95 millions d'hectares à travers le monde en 2005 - nous paraît un lieu particulièrement fécond pour cette analyse. L'agriculture de conservation (AC) peut être définie autour de la mise en oeuvre de trois grands principes de gestion des « agrosystèmes » : (1) perturbation minimale du sol, (2) protection du sol via le maintien d'une couverture végétale permanente en surface, (3) diversification des rotations et associations de cultures (FAO¹). L'AC ne se réduit donc pas au simple changement de techniques de travail du sol mais associe d'autres innovations telles que l'usage de plantes de couverture ou de culture associées. La réduction du travail du sol s'avère souvent délicate à mettre en oeuvre pour l'agriculteur qui doit revoir l'ensemble de la conduite de son système de culture pour prendre en compte l'impact des modifications du fonctionnement de l'agrosystème. L'AC est donc un champ où l'usage et la valorisation de processus écologiques sont pensés, mis à l'épreuve et se heurtent à plusieurs difficultés majeures pour les praticiens et pour les chercheurs : (1) le manque de connaissances sur ces processus et leurs interactions en système non labouré (2) la sensibilité de ces processus au contexte dans lequel ils se déroulent qui pose le problème de la généralité des résultats obtenus et du lien entre le local et le global, (3) la nécessité de revoir les méthodes d'observation pour pouvoir évaluer les fonctionnalités issues de ces processus (par exemple, la création de porosité par les lombriciens) et agir en conséquence (4) la nécessité d'intégrer différents types de connaissances (de scientifiques, d'experts, de praticiens) dans une vision systémique du fonctionnement de l'agrosystème pour adapter les pratiques et accompagner les agriculteurs dans les changements.

C'est dans ce contexte que le projet ANR- Systerra PEPITES -*Processus Ecologiques et Processus d'Innovation Technique Et Sociale en agriculture de conservation*- a été conçu (Financement 2009-2012, coord. S. de Tourdonnet²). Notre recherche COSAC s'inscrit dans le prolongement de PEPITES dans la mesure où son objectif a été, en mobilisant des outils de la sociologie des sciences, de poursuivre le dialogue entre chercheurs de disciplines différentes et entre chercheurs et agriculteurs. COSAC tente en effet de mener plus loin l'analyse des processus de production des connaissances. Nous nous intéressons (i) à la nature des connaissances qui sont produites par les différents collectifs d'acteurs, c'est-à-dire aux différents modes de production de ces connaissances, (ii) aux types d'épreuves (complémentaires ou concurrentes parfois) que ces collectifs mettent en place pour évaluer les connaissances et (iii) aux déplacements induits par la notion de service écosystémique dans les modalités de production et d'évaluation des connaissances.

1 Site AC de la FAO : <http://www.fao.org/ag/ca/fr/>

2 Le programme PEPITES est consultable à l'adresse suivante : <http://www.versailles-grignon.inra.fr/agronomie/recherches/projets/pepites>

Quelques éléments de méthodologie (et éventuelles difficultés rencontrées)

L'approche théorique mobilisée : la nouvelle sociologie des sciences

Le projet COSAC est ancré dans le domaine de la sociologie des sciences, qui étudie les activités concrètes des chercheurs afin de saisir comment de nouvelles connaissances sont élaborées (Latour et Woolgar, 1988). Selon cette approche, il n'existe pas de communauté scientifique préétablie qui imposerait ses normes et valeurs à ses membres, et définirait ainsi la bonne manière de faire de la recherche. Au contraire, les collectifs de chercheurs se créent et se recomposent au fur et à mesure de l'avancée des projets de recherche, tout en associant des acteurs non scientifiques. L'association de ces différents types d'acteurs, désignée par la notion d'enrôlement, suppose des opérations de traduction afin de faire correspondre les conceptions et les objectifs des uns et des autres relativement à un objet de connaissance donné. Ces opérations de traduction sont réalisées à l'aide de différents outils, méthodes et techniques, qui mettent en forme et délimitent cet objet de connaissance, en vue d'en saisir la nature intrinsèque. Par conséquent, étudier les processus de production de connaissances revient à suivre, au fil du temps, le travail mené par les chercheurs pour élargir leur réseau et enrôler de nouveaux acteurs autour d'un objet donné de connaissances, et à analyser les opérations de traduction qu'ils mettent en œuvre dans ce but. L'approche théorique de la nouvelle sociologie des sciences, élaborée d'abord pour étudier l'activité des chercheurs, est transposable pour analyser toute forme d'activité tournée vers l'innovation, et notamment les réseaux d'acteurs agricoles construits dans le cadre du mouvement de l'agriculture de conservation des sols, dont l'objectif principal est de mettre au point de nouvelles techniques de production agricole basées sur le maintien de la qualité des sols.

Cette approche nous a ainsi permis de saisir en quoi l'introduction d'un nouveau concept tel que celui de service écosystémique est susceptible de transformer la production de connaissances scientifiques. Notre étude n'avait pas vocation à refaire l'histoire de l'introduction de la notion de « services écosystémiques » dans les sciences du sol et dans le secteur agricole, mais bien de comprendre comment une petite communauté de chercheurs et d'acteurs agricoles s'accommode de l'irruption de la notion de « services écosystémiques ».

Terrains et méthode

L'intérêt porté à la production de connaissances sur les services écosystémiques des sols s'inscrit dans le prolongement des réflexions menées au sein du projet de recherches PEPITES auquel la majorité des chercheurs impliqués dans COSAC ont pris part. Le projet PEPITES (Processus Ecologiques et Processus d'Innovation Techniques et Sociales en agriculture de conservation) a réuni 10 équipes de recherches de l'INRA, du CIRAD, de l'IRD ainsi que de plusieurs instituts d'enseignement supérieur (AgroParisTech, ISARA-Lyon et Supagro Montpellier) pour étudier le fonctionnement des sols agricoles, ainsi que pour mettre au point et évaluer des techniques adaptées au non-labour. Ce projet, financé par l'ANR Systerra (2009-2013) présentait trois caractéristiques majeures : (1) les terrains étudiés étaient situés dans différentes régions du monde (France, Brésil, Madagascar) ; (2) les disciplines mobilisées étaient très diversifiées (sciences agronomiques, écologie, biogéochimie, sciences sociales), en vue d'articuler la compréhension des fonctionnements des sols avec l'étude des dynamiques d'innovation en agriculture ; (3) les travaux ont été menés dans le cadre de collaborations avec des acteurs du monde agricole, qu'il s'agisse d'instituts de recherche et de développement agricoles (Brésil et Madagascar) ou d'organismes investis dans la diffusion de l'agriculture de conservation des sols (France)³. C'est la richesse des débats qui se sont tenus au cours du projet PEPITES autour de l'étude des sols agricoles et de leur fonctionnement entre les chercheurs eux-mêmes ainsi qu'entre chercheurs et acteurs du monde agricole qui ont amené certains participants (chercheurs en sciences du sol et sociologues) à s'investir dans le montage de ce projet COSAC, afin d'approfondir l'analyse des différentes représentations du sol et de la manière dont ces représentations sont construites collectivement.

Le projet COSAC a été structuré en 4 opérations de recherche, correspondant à quatre terrains de recherche différents sur lesquels des modalités particulières de production de connaissances sur les sols sont mises en œuvre :

³ Pour plus d'informations sur le projet PEPITES, cf <http://www.projet-pepites.org/>

- La première concerne les chercheurs en sciences du sol engagés dans le projet PEPITES centré sur l'agriculture de conservation des sols et les débats qui se sont tenus entre eux concernant les dispositifs de recherche qu'ils utilisent.
- L'opération de recherche 2 renvoie à des groupes d'agriculteurs qui s'engagent collectivement, avec l'appui de conseillers privés, sur la voie de l'agriculture de conservation. Le travail finalement réalisé a porté essentiellement sur l'accompagnement réalisé par un conseiller agricole de la coopérative VIVESCIA et intègre la confrontation entre les agriculteurs et leur conseiller d'une part, et des chercheurs invités à les faire progresser dans leurs connaissances techniques sur les sols d'autre part.
- L'opération de recherche 3 concerne la mise en place par des chercheurs de l'ISARA (impliqués par ailleurs dans PEPITES) d'un réseau d'essais de non-labour chez des agriculteurs biologiques. Elle est directement complémentaire de l'opération de recherche 2, la principale différence étant que le dispositif d'expérimentation technique est ici initié par les chercheurs et non par les agriculteurs, même si ces derniers sont associés à sa conception.
- L'opération de recherche 4, de moindre importance puisque le programme GESSOL ne concerne que les sols métropolitains, porte sur les apports des terrains des pays du sud du projet PEPITES à la réflexion sur les sols agricoles. Les opérations de recherche 1 et 4 ont finalement été menées de manière conjointe car il nous était impossible de séparer, dans l'analyse de la dynamique de recherche, les questionnements portés par les chercheurs travaillant au nord ou au sud.

Du point de vue méthodologique, nous avons emprunté deux voies. La première est la réalisation d'enquêtes sur les différents terrains correspondant aux quatre opérations de recherche. Sur chacun de ces terrains, nous avons réalisé des observations de réunions ainsi que des entretiens semi-directifs avec les différents acteurs impliqués, principalement les chercheurs. La seconde voie a été la constitution d'un corpus documentaire de productions scientifiques sur le sol (articles scientifiques en sciences du sol traitant de problématiques agricoles, et sélectionnés sous la base de données WOS) et le traitement de ce corpus via l'utilisation d'un logiciel d'analyse lexicométrique, afin d'approfondir la compréhension des différents types de savoirs scientifiques sur les sols agricoles.

L'analyse lexicométrique, qui a été conduite à l'aide du logiciel libre Iramuteq, consiste à repérer, au sein d'un texte ou d'un ensemble de textes, des groupes de mots qui sont souvent associés. Concrètement, le texte est découpé en segments de taille équivalente, qui sont ensuite classés en fonction des mots qu'ils contiennent selon la méthode statistique de la classification hiérarchique descendante. Chaque classe correspond ainsi à un ensemble de mots qui apparaissent généralement conjointement dans les segments de texte associés à la classe, des indicateurs statistiques (Chi2 et probabilité critique) indiquant la fréquence de leur présence dans ces segments.

Les opérations de recherche 1 et 4, mobilisant le projet PEPITES, ont un caractère particulier puisqu'elles ont donné lieu à des débats de nature interdisciplinaire entre sociologues et chercheurs en sciences du sol. En effet, les chercheurs en sciences du sol de COSAC ont été sollicités à double titre : ils sont tout à la fois chercheurs actifs dans le projet et objets de l'étude. Différentes réunions ont permis de discuter avec eux des résultats des travaux sociologiques (enquêtes qualitatives et analyse textuelle informatisée). La première réunion, organisée en mars 2012 à Lyon, a permis de discuter ensemble les modalités de coopération entre chercheurs en sciences du sol et sociologues (Cf. annexe 1 : ordre du jour de la réunion). Une seconde rencontre entre tous les chercheurs partenaires de COSAC, organisée en octobre 2012 à Lyon, a permis de faire un retour aux chercheurs en sciences du sol sur les enquêtes dont ils ont été l'objet. Cette journée a été pensée comme un atelier d'échange et de recueil de données dans le prolongement des enquêtes, en particulier autour de la notion de service écosystémique (Cf. annexe 2 : ordre du jour de la réunion). Puis, une dernière réunion s'est tenue le 1^{er} avril 2014 pour présenter les premiers résultats de l'analyse textuelle de la production scientifique et discuter de leur interprétation (Cf annexe 3 : ordre du jour de la réunion).

Difficultés rencontrées dans la mise en œuvre du projet

L'analyse textuelle de la production scientifique a rencontré plusieurs difficultés liées au recrutement d'un post-doc disposant des compétences sur les logiciels d'analyse d'une part, et à la formalisation d'un corpus de données traitables, d'autre part. Suite au désistement du premier post-doc repéré en 2011, qui a obtenu un poste statutaire au CNRS, une seconde personne, Aurélie Cardona, a été recrutée mais n'a pu prendre ses fonctions qu'en mars 2012, après la fin de sa thèse. Elle a ensuite

démisionné au bout de 8 mois, pour prendre un poste statutaire à l'INRA. Ces aléas nous ont amenés à prendre du retard dans l'analyse textuelle, qui a été finalement réalisée par le troisième post-doc, Florence Hellec, recrutée en mai 2013. Notre projet COSAC ayant pris une année de retard sur le calendrier initial, nous avons demandé et obtenu un avenant d'une durée de 6 mois reportant la fin du projet à juillet 2014.

L'autre difficulté rencontrée portait sur le traitement du corpus. Outre le fait que les logiciels initialement envisagés (N'Vivo, Prospero) supposent un apprentissage long pour en acquérir la maîtrise, ils servent à analyser des corpus de très grande taille. Or les matériaux dont nous disposions au départ du projet n'ont pas permis de constituer un corpus suffisamment important. Il est donc apparu nécessaire de repenser la démarche d'analyse textuelle, ce qui nous a conduit à choisir un logiciel plus simple d'accès, Iramuteq, à constituer un corpus de textes différent de celui prévu initialement, de manière à disposer de suffisamment de données homogènes et traitables par ce logiciel. Ainsi, nous avons exclusivement mobilisé des références de publications scientifiques en sciences du sol sélectionnées sur la base de données Web of Science.

Résultats obtenus

Les résultats de notre projet sont présentés en deux grandes parties :

- **La première partie est consacrée à la présentation des opérations de recherche portant sur les processus de production de connaissances dans la sphère scientifique.** Les résultats sont issus du croisement d'une analyse en anthropologie des sciences du collectif de chercheurs engagés dans PEPITES et d'une analyse bibliométrique des travaux en sciences du sol.
- **La seconde partie présente les opérations de recherche portant sur des dispositifs d'accompagnement d'agriculteurs en agriculture de conservation des sols.** Ces dispositifs associent à chaque fois un groupe d'agriculteurs expérimentateurs et des chercheurs impliqués diversement dans la production de connaissances et l'accompagnement du collectif.

1. Processus de production de connaissances dans la sphère scientifique

Une diversité de regards sur les sols

Le projet PEPITES que nous avons suivi et observé rassemble des chercheurs de disciplines variées qui étudient le sol selon différentes perspectives. Non seulement les outils et les concepts qu'ils mobilisent pour caractériser le sol et saisir les dynamiques biologiques et physico-chimiques qui y prennent place sont différents, mais la nature même du sol qu'ils étudient et les échelles auxquelles ils se placent ne sont pas les mêmes. Cette diversité de regards sur les sols se retrouve dans l'analyse lexicométrique de la littérature scientifique que nous avons réalisée, et qui nous a amené à identifier cinq fronts de recherche principaux : (1) la modélisation informatique des dynamiques qui traversent les sols (principalement les flux d'éléments minéraux) ; (2) la gestion des paysages (landscape management) ; (3) la décomposition de la matière organique dans les sols ; (4) les symbioses rhizosphériques et la nutrition des plantes ; (5) la production végétale. Les fronts de recherche 2 et 5 relèvent de l'agronomie mais renvoient à des enjeux de connaissance distincts, les recherches conduites sur la gestion des paysages visant une préservation des sols et de leur qualité, tandis que les travaux menés en production végétale sont orientés vers la recherche de productivité. Par ailleurs, les approches propres à l'écologie sont très présentes, puisqu'elles représentent deux fronts de recherche en sciences du sol (3 et 4). Celles-ci, relativement proches d'un point de vue statistique, se distinguent quant aux niveaux d'étude considérés, le premier correspondant aux microorganismes du sol et aux processus de dégradation des végétaux, le second étant centré sur les racines et les mycorhizes qui s'y forment.

Si l'on s'intéresse à l'évolution des sciences du sol au cours des 20 dernières années, qui correspondent à la montée en puissance des enjeux environnementaux, on observe la disparition de la physique des sols au profit de l'écologie des sols dont les approches se sont diversifiées. Dans le même temps, la modélisation informatique est devenue une méthode d'analyse privilégiée. Certaines approches ont quant à elle quitté le giron des sciences du sol, pour se déployer dans d'autres domaines de recherche, comme les travaux sur les sols pollués qui sont aujourd'hui plutôt publiés dans des revues de sciences de l'environnement. Les principaux facteurs qui expliquent ces

évolutions du champ des sciences du sol renvoient aux progrès dans les techniques d'investigation scientifiques et aux orientations politiques par les financements de la recherche. Les avancées technologiques en écologie, avec la mise au point de nouvelles techniques d'identification des organismes du sol et d'étude de leur activité (spectrométrie de masse) ont permis l'essor de cette discipline en sciences du sol comme dans d'autres domaines d'étude. L'augmentation de la capacité de calcul des ordinateurs a favorisé le développement de la modélisation. Concernant les orientations impulsées par les financeurs de la recherche, ceux-ci privilégient de plus en plus leur soutien aux travaux portant sur la vie des sols, et donc aux approches écologiques, considérées plus pertinentes pour traiter des enjeux environnementaux actuels. Plus largement, l'accent est désormais mis dans les appels à projet sur la recherche en interdisciplinarité, ce qui amène les chercheurs à s'associer à des collègues d'autres disciplines lors des montages de projet.

Les évolutions observées des sciences du sol mettent ainsi en évidence les frontières mouvantes de ce champ thématique. Les différentes disciplines qui s'y croisent mobilisent des outils, des méthodes et des concepts applicables à un domaine plus large que le sol. Au fil du temps, certaines disciplines s'y développent au détriment d'autres, d'autres encore se déplacent vers d'autres champs thématiques. Ces éléments interrogent alors directement les notions de champ, de discipline et de communauté scientifiques. Car si les chercheurs rencontrés se réclament tous des sciences du sol, force est de constater qu'ils ne constituent pas une communauté au sens sociologique, dans la mesure où ils ne sont pas liés par des relations directes et qu'il n'y a pas nécessairement de partage et d'échanges entre les résultats des recherches des uns et des autres. L'appartenance disciplinaire apparaît le plus souvent la plus forte, sur le plan identitaire, pour les chercheurs.

Les incitations à l'interdisciplinarité mises en avant dans les programmes de financement de la recherche conduisent ainsi à créer les conditions d'un dialogue entre disciplines différentes, qui semble toutefois encore difficile. C'est ce que nous avons observé au cours du projet PEPITES, qui a constitué une première expérience interdisciplinaire d'ampleur pour certains des chercheurs associés. Des échanges riches se sont ainsi tenus autour des dispositifs de recherche mis en place par les uns et les autres, conduisant à des formes d'expérimentation inédites (l'introduction de vers de terre dans des colonnes de terre fabriquées en laboratoire et utilisées pour mesurer les flux d'éléments chimiques dans les sols), dont les résultats n'ont toutefois pas fait l'objet d'une analyse approfondie.

Les services écosystémiques, une notion peu structurante en sciences du sol

La montée en puissance de la notion de service écosystémique (SE) dans les milieux scientifique et politique depuis le milieu des années 2000 conduit-elle à l'apparition de nouvelles approches scientifiques des sols agricoles, croisant davantage les disciplines scientifiques ? Popularisée par le rapport du Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), les SE sont définis comme les bienfaits que les hommes obtiennent des écosystèmes naturels ; ils font l'objet d'évaluations économiques qui visent à calculer le coût pour l'homme de la perte des services délivrés en quelque sorte « gratuitement » par la nature, dans le sens où ils devraient être remplacés par des technologies coûteuses s'ils disparaissaient (Costanza *et al.*, 1997). L'approche par SE est aujourd'hui de plus en plus mobilisée pour orienter de nouvelles démarches publiques ou privées de préservation de l'environnement de par le monde. De nombreux travaux de sciences sociales s'intéressent ainsi à la mise en politique de la notion de SE, pour en saisir les contours et en évaluer l'efficacité. A l'inverse, l'impact de la notion de SE dans le monde de la recherche reste peu étudié, alors même que le nombre de publications qui la mentionnent a fortement augmenté depuis le rapport du MEA (Tancoigne, 2014).

D'après l'analyse lexicométrique que nous avons menée, nous n'observons pas l'apparition d'un front de recherche nouveau en sciences du sol, sous l'effet de la diffusion de la notion de SE. Celle-ci est mobilisée de manière privilégiée dans les travaux d'écologie qui en sont déjà proches d'un point de vue conceptuel et thématique. De fait, pour les chercheurs, parler de SE leur permet avant tout de relier leurs travaux à des enjeux sociétaux plus larges, relatifs à la protection de l'environnement, et ainsi de les présenter à un public non scientifique, que ce soit dans le cadre de réponses à des appels d'offre ou de situations de vulgarisation scientifique. Mais au-delà de cet affichage, les chercheurs interviewés témoignent d'une certaine distance à l'égard de la notion de SE, car ils n'adhèrent pas tous aux représentations de l'environnement qu'elle véhicule. En particulier, la question de l'évaluation monétaire des services écosystémiques est écartée par une partie des chercheurs rencontrés, qui y voient une forme d'instrumentalisation de la nature. A l'inverse, d'autres chercheurs, essentiellement des agronomes, pensent que cette notion une manière de concilier recherche d'efficacité productive et

préservation de l'environnement dans les activités agricoles. Quoiqu'il en soit, il manque des espaces de discussions entre scientifiques autour des différentes implications de cette notion. Certes des tentatives de définition scientifique des services écosystémiques des sols ont surgi dans la sphère académique (Robinson *et al.*, 2009 ; Dominati *et al.*, 2010). Mais, les implications sociétales de cette notion ne sont pas discutées entre eux, alors même que des débats émergent du côté des sciences sociales sur ses limites et ses éventuelles dérives (Maris, 2014).

2. Agriculteurs et chercheurs : la confrontation des expertises sur les sols

Collectifs en AC, production de connaissances et innovation technique

Les deux collectifs étudiés ont été constitués selon des voies très différentes : le premier a été initié par une coopérative, tandis que le second est issu de la mise en place d'un nouveau dispositif de recherche basé sur des essais in situ et piloté par des scientifiques. Toutefois, dans les deux cas, une place importante est accordée au regard des agriculteurs et à leurs connaissances. Cette place est déterminante dans le club NouriciAgrosol, puisque le conseiller agricole qui anime le club s'appuie d'abord sur les résultats des expérimentations menées par ses membres et sur leur mise en débat pour construire une expertise sur les techniques de non-labour et de semis direct. Dans le réseau d'essais mis sur pied par les agronomes de l'ISARA, ces derniers s'engagent dans une négociation importante avec les agriculteurs pour configurer les conditions et le contenu des expérimentations techniques. Leur objectif n'est pas uniquement d'obtenir plus facilement la collaboration des agriculteurs, dans la mesure où ce sont ces derniers qui mettront concrètement en œuvre les techniques testées, mais aussi de tenir compte, dans l'expérimentation elle-même, de la réalité de l'exploitation agricole, c'est-à-dire de l'ensemble des contraintes qui pèsent sur l'agriculteur, mais aussi de s'appuyer de sa propre expérience pratique pour configurer l'essai. C'est là un partenariat très différent de ceux qui sont habituellement mis en place entre agriculteurs et organismes para-agricoles, qu'il s'agisse de firmes privées (essais variétaux, essais de nouveaux produits phytosanitaires) ou d'organismes de recherche et développement. Généralement, les protocoles d'essais sont établis par les chercheurs ou techniciens, et ne sont adaptés qu'à la marge lors de leur mise en œuvre sur les fermes, celles-ci étant uniquement choisies afin de faire varier les conditions pédo-climatiques.

Outre la reconnaissance des savoirs des agriculteurs sur les sols, qui apparaît comme une caractéristique centrale dans l'expérimentation et la diffusion des techniques de l'AC, d'autres éléments plus généraux relatifs aux processus d'innovation en agriculture ressortent de la comparaison entre nos deux cas d'étude.

1) Innovation et cadres de pensée : entre cadrage et débordement, pour aller vers de nouvelles connaissances

On voit dans les deux dispositifs étudiés que l'innovation est favorisée par les moments de débordement. C'est tout le travail de l'animateur du club nouricia de créer ces moments de débordement en encourageant les agriculteurs à faire des essais, à aller chercher des informations dans d'autres réseaux, à mettre en débat leurs désaccords et à discuter leurs échecs. C'est aussi ce qu'organisent les chercheurs dans le cadre de l'atelier de conception de prototypes quand ils font participer un agriculteur jugé « atypique » pour qu'il fasse des propositions inattendues qui sortent des cadres de pensée du collectif présent. Ces moments de débordements sont des zones d'incertitude du point de vue des connaissances mais potentiellement aussi des zones d'inconfort pour ceux qui les vivent. Rendre possible leur exploration sans remettre en cause le collectif ou une partie du collectif tient à la qualité de la médiation au sein de ces dispositifs.

2) La médiation au cœur du processus de production de connaissances

Nos résultats mettent en évidence l'importance des acteurs qui mettent sur pied et animent les collectifs d'agriculteurs - qu'il s'agisse de conseillers agricoles dans le cas de la coopérative Nouricia ou de chercheurs dans celui de l'ISARA - dans le processus de production de nouvelles connaissances sur les sols. Ces acteurs assurent plus largement une fonction de médiation (Hennion, 1993) entre des univers différents, en établissant une communication entre des personnes qui, sans cela, ne se parleraient pas. La médiation dont il est ici question n'est donc pas de l'ordre de la conciliation et l'établissement de compromis entre personnes en conflit (comme elle est utilisée dans le domaine social) ni de la mise en relation avec une forme de vie différente et supérieure (comme dans le cas des prêtres) mais plutôt de celui de passeurs de mondes. Parler de médiation permet ainsi de dépasser la vision courante du chercheur ou du conseiller qui serait un simple vulgarisateur

des connaissances scientifiques auprès des agriculteurs. Les traductions que les médiateurs opèrent entre le monde agricole et le monde scientifique supposent des déplacements au niveau des objets d'étude et de la nature des connaissances produites, et pas uniquement le passage d'une langue à l'autre.

Or ces fonctions de médiation apparaissent difficiles à tenir. Du côté des conseillers agricoles, une tension peut apparaître entre le rôle de médiateur et celui d'expert, dans la mesure où l'expert est celui qui affirme la bonne manière de procéder à l'agriculteur et donc qui valide les connaissances jugées pertinentes, tandis que le médiateur se préoccupe d'abord de faire circuler différents types de savoirs dont la valeur sera déterminée collectivement. Les compétences qui sont mises dans la fonction de médiation sont moins visibles que dans celle d'expertise, où la reconnaissance professionnelle passe par la maîtrise d'un corpus de connaissances établies. C'est pourquoi certains conseillers préfèrent se réfugier dans le rôle d'expert plutôt que de s'engager sur la voie de la médiation (Lémery, 1994 ; Brives *et al.*, 2012).

De plus, être dans la médiation plus que dans l'expertise suppose de laisser une certaine liberté au groupe d'agriculteurs, qui déterminera lui-même ses orientations et ses objets d'étude. Ceci peut aller à l'encontre des orientations stratégiques impulsées par les dirigeants de l'entreprise qui emploie le conseiller, le mettant en situation d'inconfort.

Dans le monde scientifique, les chercheurs qui s'engagent dans une posture de médiation auprès du monde agricole apparaissent le plus souvent en marge de la sphère académique. Une telle posture les amène en effet à porter un regard critique sur les connaissances produites par la science, dans la mesure où celles-ci ne répondent que de manière imparfaite aux préoccupations des agriculteurs. Le temps consacré à la médiation peut également entrer en conflit avec le temps nécessaire pour réaliser des publications scientifiques de haut niveau. Pourtant, l'engagement dans la médiation d'une partie des chercheurs constitue une condition *sine qua non* pour que de véritables partenariats soient établis avec le monde agricole dans les projets de recherche.

3) L'expérimentation par les agriculteurs.

Nombreux sont les travaux qui soulignent l'importance des expérimentations réalisées par les agriculteurs sur leurs fermes dans la mise au point et la diffusion d'innovations techniques en agriculture. Or ces travaux se concentrent le plus souvent sur les échanges entre agriculteurs pour expliquer ce processus d'innovation, par exemple au sein de réseaux de dialogue socio-professionnels que les sociologues s'attachent à mettre à jour (Darré, 1994 ; Compagnone 2004, 2014). Nos résultats permettent d'aller plus loin dans la compréhension de ces dynamiques collectives, en s'intéressant à la manière dont les connaissances qui sous-tendent les avancées techniques sont partagées et formalisées au sein de groupes d'agriculteurs, avec l'appui de conseillers. Mais les types d'expérimentations conduites par les agriculteurs restent un point aveugle et mériteraient des descriptions et des analyses plus poussées. Comment les agriculteurs conçoivent-ils leurs expérimentations ? Quels éléments cherchent-ils à tester ? Selon quelles modalités ? Comment évaluent-ils la réussite ou l'échec d'une expérimentation ? La définition même de ce qui constitue une expérimentation pour les agriculteurs ne va pas de soi. Car l'expérience pratique ordinaire est elle-même source de connaissances. Les conditions d'élevage et de culture varient en effet sans cesse, sous l'effet des aléas climatiques mais aussi d'autres événements sur la ferme qui peuvent bousculer l'organisation du travail. Nathalie Joly a ainsi montré l'importance des informations que les agriculteurs laissent par les agriculteurs consignent dans leurs agendas et cahiers, pour tenter de tirer parti de leurs expériences passées (Joly, 2004). Là encore, il serait intéressant d'étudier de manière plus précise la constitution de ces savoirs pratiques (Pharo, 1985).

Les services écosystémiques : une notion absente

Alors que la question de services écosystémiques était au cœur du projet COSAC que nous avons initialement construit, elle n'est finalement pas apparue pertinente pour étudier les processus de production de connaissances sur le sol dans la sphère agricole. Cette notion n'est quasiment jamais mobilisée par le collectif d'agriculteurs animé par la coopérative Nouricia. Cette notion n'est présente que de manière indirecte, dans la stratégie commerciale de la coopérative intégrant l'idée de faire reconnaître à l'avenir les services rendus à la nature par les agriculteurs. La notion de services écosystémiques n'a pas davantage constitué un guide pour penser la construction du réseau d'essais mis en place par les agronomes de l'ISARA. Certes, ces derniers précisent et définissent cette notion à l'occasion des formations qu'ils dispensent aux agriculteurs en partenariat avec des organismes de

développement. Mais là encore, elle ne soulève pas de discussions particulières, les agriculteurs s'intéressant avant tout aux connaissances issues de la science sur le fonctionnement des sols. On peut s'étonner de ce manque d'intérêt des acteurs agricoles pour la notion de services écosystémiques, dans la mesure où celle-ci va de pair avec l'approche par paiement pour SE qui pourrait être adoptée par l'Union Européenne lors des prochaines négociations de la politique agricole commune, et qui conditionnerait alors les modalités de soutien public à l'agriculture. Cela s'explique sans doute par le fait que ces cadres conceptuels, destinés à repenser les politiques environnementales, ont été forgés par des scientifiques, à l'inverse d'autres cadres tels que la multifonctionnalité de l'agriculture, par exemple (Bonnal *et al.*, 2012).

Conclusion

L'étude que nous avons menée des processus de production de connaissances sur les sols dans la sphère scientifique et dans la sphère agricole montre que ces processus sont de nature très différente dans les deux cas. Là où les scientifiques tentent d'établir des connaissances à portée générale, sur la base de dispositifs d'investigation qui opèrent une « mise en laboratoire » impliquant une artificialisation plus ou moins poussée du sol, les acteurs agricoles tentent de comprendre l'impact environnemental et en termes de productivité végétale de différentes techniques de travail du sol qu'ils utilisent dans leurs champs, c'est-à-dire dans des conditions pédoclimatiques précises. Nos résultats interrogent directement certaines théories établies dans la nouvelle sociologie des sciences. Ainsi, dans ses travaux fondateurs, Latour indique que la construction d'un fait scientifique et son établissement passe par une série d'épreuves qui conduisent à le débarrasser des conditions de sa production (Latour, 1988). La construction d'un fait scientifique peut être retracée en suivant la succession de ses énoncés qui s'émancipent peu à peu, via des mises à l'épreuve scientifiques, des modalités littéraires qui marquent son histoire telles que références, date ou bien formulations du type « cette méthode a d'abord été décrite par... », « une preuve plus convaincante a été fournie par... », « de nombreux chercheurs ont clairement établi que... ». C'est ce processus itératif qui explique que des résultats obtenus en laboratoire, dans un milieu confiné, conduisent à des vérités scientifiques établies et générales. Ainsi, pour reprendre le dispositif le plus confiné qui nous a été amené d'observer, les colonnes de terre tamisée sont utilisées pour mesurer des flux de résidus de pesticides, et les résultats obtenus sont utilisés pour affirmer les risques de percolation de polluants dans les sols agricoles français. Or, pour les agriculteurs, ces énoncés généraux n'ont pas d'utilité opérationnelle. Les agriculteurs engagés dans le mouvement de conservation des sols n'ont que peu d'intérêt pour les règles génériques. A leurs yeux, le caractère opérationnel d'un savoir prime sur sa portée générique. Latour fournit donc une piste intéressante mais insuffisante pour travailler sur les processus de production de connaissances en dehors du laboratoire. Les processus de production de connaissances dans l'action n'ont pas forcément cette logique de purification des énoncés par rapport à leurs conditions de production : certaines modalités (« en année sèche... », « chez Untel... »,) sont importantes aux yeux des agriculteurs pour l'action. Ce point mériterait un approfondissement pour comprendre quelles sont les modalités qui sont utiles pour l'action en fonction des agriculteurs et de leurs compétences.

Nos travaux soulignent l'importance des acteurs qui, au sein des collectifs d'agriculteurs, investissent une fonction de médiation. Cette fonction de médiation renvoie aussi bien à l'organisation du dispositif de production de connaissances avec l'animation d'un collectif, la mise en relation entre des personnes qu'à une activité de traduction entre les attentes, questions (y compris questions de recherche) et intérêts des uns et des autres donc à favoriser les déplacements. Ces acteurs de la médiation réalisent non pas le transfert ou de la vulgarisation mais bien la traduction des connaissances scientifiques en savoirs pratiques pour les agriculteurs, en guides pour l'action. Ces traductions entre des univers relativement éloignés supposent des déplacements des objets de connaissances et des questionnements tant du côté des agriculteurs que des chercheurs. La traduction s'opère dans les deux sens, puisqu'ils s'attachent également à transformer les préoccupations des agriculteurs en problématiques qui soient traitables par des chercheurs.

Dans sa construction initiale, notre projet accordait une place centrale à la notion de service écosystémique (SE), car celle-ci nous semblait gagner en importance suite au rapport du Millenium Ecosystem Assessment de 2005. Non seulement elle est de plus mobilisée dans les appels d'offre scientifiques et dans les travaux de recherche, mais elle donne également lieu à l'élaboration de nouvelles politiques environnementales, tant dans les pays du nord que dans ceux du sud. Qui plus

est, cette notion présentait l'intérêt de lier activité scientifique et action publique environnementale tournée vers l'agriculture, et constituait à cet égard un point d'entrée original pour étudier les rapports entre science et agriculture autour de l'enjeu précis de la préservation des sols agricoles. Notre recherche conclut que les processus de production de connaissances sont finalement très peu affectés par l'irruption de la notion de SE. Cette notion fait l'objet d'une faible appropriation par les scientifiques et par les acteurs agricoles. Coté agriculteurs, nous n'avons repéré la notion de SE que dans la stratégie commerciale de la coopérative investie sur l'agriculture de conservation, quand elle s'organise pour vendre un conseil en agriculture durable qui accompagnerait les agriculteurs dans leur démarche de paiement pour services rendus. Côté chercheurs, la notion de SE apparaît comme un affichage pour le financement des projets de recherche sans modifier réellement les contours des recherches. La notion de SE permet également de situer le sol et les recherches qui y sont associées dans des enjeux sociaux. Les chercheurs en sciences du sol y voient là une forme de reconnaissance de l'utilité sociale de leurs travaux. Nombreux sont les chercheurs critiques ou mal à l'aise avec l'idée de monétarisation de la nature qui est souvent associée au SE. En revanche nous n'avons perçu aucun questionnement par rapport aux possibilités de définir des hiérarchies des fonctions et propriétés des sols via la notion de SE

Nous avons indiqué différents éléments expliquant l'indifférence par rapport à la notion de SE, la principale d'entre elles étant certainement le fait que l'approche par paiement pour SE, bien qu'envisagée pertinente par les instances européennes, n'a pas encore été discutée et intégrée dans la réforme de la politique agricole commune. Par conséquent, notre étude est sans doute arrivée trop tôt pour étudier les changements induits par la notion de service écosystémique dans la production de connaissances sur les sols. Quoiqu'il en soit, les travaux réalisés sur la mise en politique de cette notion dans d'autres régions du monde invitent à une certaine prudence compte-tenu des incertitudes à la fois scientifiques et sociales qu'elle véhicule (Barnaud *et al.*, 2011), les modalités selon lesquelles l'approche PSE pourrait servir de nouveau support pour l'agriculture devant être débattues avec tous les acteurs concernés.

Implications pratiques, recommandations, réalisations pratiques, valorisation

Deux types de recommandations peuvent être formulés à l'issue du projet COSAC. Tout d'abord, concernant les rapports entre science et agriculture, nous avons montré que la production de connaissances sur le fonctionnement des sols agricoles et l'innovation technique en matière de travail du sol a reposé sur une prise en compte des savoirs des agriculteurs. Cela nécessite toutefois par un investissement spécifique de chercheurs pour nouer des collaborations étroites avec les agriculteurs et engager avec eux un dialogue d'égal à égal. Un tel investissement se révèle coûteux en temps et faiblement reconnu dans la sphère académique, aussi est-il réalisé par des personnes occupant souvent une place marginale au sein de la communauté scientifique. Il nous semble que cet investissement mériterait d'être davantage soutenu et valorisé, notamment par les pouvoirs publics ou dans les modalités d'évaluation des projets de recherche.

De plus, nos résultats soulignent la faible opérationnalité de la notion de service écosystémique en tant que vecteur de production de nouveaux types de connaissances, qui permettraient une meilleure préservation des sols agricoles. Cette notion fait l'objet d'une faible appropriation par les chercheurs et par les agriculteurs qui s'intéressent de près à la gestion des sols agricoles. Ce peu d'intérêt s'explique sans doute en partie par le fait que la notion de service écosystémique n'est pas encore intégrée dans les politiques agricoles européennes, mais pas uniquement. On observe également une incompréhension et des inquiétudes concernant la manière dont ces services sont susceptibles d'être rémunérés et de constituer de nouveaux soutiens à l'agriculture. Alors que la Directive Sol est toujours à l'étude dans les instances européennes, nos travaux plaident pour une réflexion collective approfondie sur ce point, réflexion qui doit nécessairement intégrer toute les parties prenantes dans le cadre de démarches de concertation.

Partenariats mis en place, projetés, envisagés

Le projet COSAC a permis d'une part de créer un espace de recherche interdisciplinaire, entre chercheurs en sciences du sol et sociologues appartenant à différents instituts d'enseignement supérieur et de recherche (INRA, IRD, CIRAD, IRC, ISARA-Lyon, AgroParisTech). Il a également permis de renforcer des collaborations préexistantes entre certains chercheurs et des conseillers de la coopérative agricole VIVESCIA.

Liste des opérations de valorisation et de transfert issues du contrat (articles de valorisation, participations à des colloques, enseignement et formation, communication, expertises...)

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES	
Publications scientifiques prévues	<p>Article pour Etudes et Gestion des Sols sur les résultats de l'analyse lexicométrique replacé dans une histoire longue des sciences du sol → contributeurs : Florence Hellec, Hélène Brives, Eric Blanchart, Christian Deverre, Patricia Garnier, Joséphine Peigné, Sylvie Recous, Stéphane de Tourdonnet, Jean-François Vian</p> <p>Article pour Natures Sciences Société ou SociologieS et portant sur les processus de production de connaissances sur les sols dans la sphère scientifique. → contributeurs : Hélène Brives, Aurélie Cardona, Florence Hellec.</p> <p>Article pour la Revue d'Anthropologie des Connaissances sur les processus de production de connaissances chez les acteurs du mouvement de l'agriculture de conservation des sols. → contributeurs : Hélène Brives, Stéphane de Tourdonnet</p>
COLLOQUES	
Participations passées à des colloques	Cardona A., 2012. L'introduction de la notion de « service écosystémique » : pour un nouveau regard sur le sol ? <i>Communication aux journées de recherches en sciences sociales</i> , Société Française d'Economie rurale, Toulouse, 13-14 décembre 2012.
Participations futures à des colloques	Proposition de communication conjointe avec Claude Compagnone (projet QUESACTES également financé par le programme GESSOL) en cours de rédaction pour le colloque <i>First Global Soil Biodiversity Conference</i> qui se tiendra à Dijon du 2 au 5 décembre 2014 (date limite de soumission le 31 juillet 2014).
AUTRES	
Participation à des manifestations non scientifiques (vulgarisation)	Brives H., 2014. « L'innovation en agriculture : quels collectifs d'innovation construire entre chercheurs, techniciens et agriculteurs ? ». Communication à l'Assemblée Générale de l'association BASE (Biodiversité, Agriculture, Sol & Environnement), Mortagne-au-perche, le 6 février 2014.
Journées d'études	<p>Hellec F., 2013. Etudier la vie du sol : affaire d'agriculteurs, affaire de scientifiques. <i>Communication au séminaire du laboratoire RITME</i>, Ivry-sur-Seine, le 6 décembre 2013.</p> <p>Hellec F., 2014. Les services écosystémiques des sols agricoles: l'apparition d'une nouvelle notion dans le champ des sciences du sol. <i>Communication au séminaire du laboratoire ASTER</i>, Mirecourt, 24 avril 2014.</p>
Mémoires universitaires	Mémoire Master Agroecology ISARA : Alette BAILLOD, Guillemette FRUCHAUD, Jules HATIER, Colombar MAC DOWALL, Antoine MARIN, Arnaud PASSARD, Mélanie VOISIN, <i>Indicateurs de la Qualité des Sols</i> , sous la direction de Jean-François Vian et Carole Chazoule, 37 pages.

Literature report, Master Agroecology ISARA, Marie-Eve Turcotte, *The emergence of the term “ecosystem services” in soil science and its utilization by public organizations*, sous la direction de Hélène Brives, octobre 2012, 10 pages.

Group project report, Master Agroecology ISARA : Camille Atlani, Marie-Eve J. Turcotte, Chuqing Duan, Clara Gouy, *Soil Science, Ecosystem Services & Public institutions*, sous la direction de Hélène Brives, décembre 2012, 58 pages et CDRom.

Stage long AgroParisTech : Catherine Ung, *Formes d’accompagnement d’agriculteurs en AC*, sous la direction de Hélène Brives, septembre – février 2013.

Stage court AgroParisTech : Pauline de Jerphanion, *Analyse et cartographie des réseaux de l’Agriculture de Conservation sur Internet.*, sous la direction de Hélène Brives, juillet 2012, 15 pages.