



CONSTRUCTION ET CIRCULATION DES CONNAISSANCES SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES 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

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).

Nous remercions le conseil scientifique de GESSOL et tout particulièrement Claire Chenu pour son aide dans un moment de difficulté de notre projet lorsque nous peinions à mobiliser les compétences nécessaires pour conduire une analyse textuelle des publications scientifiques en sciences du sol.

RESUME

Longtemps considéré uniquement comme le support des activités humaines, le sol est devenu au cours des vingt dernières années un objet d'attention croissante de la part de différents acteurs soucieux de sa conservation. Mais les voies qu'ils empruntent, et les connaissances sur lesquelles ils s'appuient pour penser cette conservation, apparaissent sensiblement différentes. En particulier, la notion de service écosystémique (SE) popularisée par le Millenium Ecosystem Assessment pourrait constituer un cadre conceptuel nouveau pour penser les politiques environnementales.

Ancré en sociologie des sciences, le projet COSAC s'est intéressé plus particulièrement au monde de la recherche en sciences du sol et à celui du mouvement de l'agriculture de conservation des sols (AC), afin d'étudier et de comparer les processus de production de connaissances qui prennent place dans ces deux univers socio-professionnels. Plus précisément, les objectifs de ce projet étaient d'analyser (i) la nature des connaissances produites, c'est-à-dire les différents modes de production de ces connaissances, (ii) les types d'épreuves mis en place pour évaluer les connaissances et (iii) les déplacements induits par la notion de SE dans les modalités de production et d'évaluation des connaissances. Deux méthodes complémentaires ont été mobilisées : (1) des enquêtes qualitatives basées sur des entretiens et des observations directes de différents terrains, correspondant à des collectifs de chercheurs et/ou d'agriculteurs ; (2) une analyse textuelle informatisée de la production scientifique en sciences du sol en lien avec des problématiques agricoles.

Nos résultats mettent en évidence la montée de l'intérêt pour la vie du sol, qui se traduit par un déploiement des approches écologiques en sciences du sol, d'une part, et une observation attentive des organismes qui peuplent le sol par les agriculteurs de l'AC, d'autre part. Les processus de production de connaissances se révèlent très différents entre ces deux univers. Les scientifiques tentent d'établir des connaissances à portée générale, sur la base de dispositifs d'investigation qui opèrent une artificialisation plus ou moins poussée du sol. Si des croisements disciplinaires sont possibles, ils restent difficiles à maintenir dans la durée. De leur côté, les acteurs agricoles échangent autour d'expérimentations situées mais les connaissances qu'ils produisent ne visent pas la généralité. Leur objectif est d'anticiper l'impact environnemental et en termes de productivité végétale de différentes techniques de travail du sol dans leurs propres champs, c'est-à-dire dans des conditions pédoclimatiques données. Nos travaux soulignent par ailleurs l'importance du rôle de médiateur tenu par certains conseillers ou certains chercheurs, dans la mise en relation et la circulation des connaissances entre monde de la recherche et monde agricole. Or ce rôle de médiateur est peu visible, et peu valorisé. Enfin, nous avons montré qu'en France la notion de service écosystémique fait l'objet d'une faible appropriation, tant par les chercheurs en sciences du sol que par les acteurs liés à l'agriculture de conservation des sols. Fort de ce constat, et au vu de l'importance que l'approche par paiement pour service écosystémique est susceptible de prendre, il apparaît nécessaire d'ouvrir des espaces de concertation entre toutes les parties prenantes autour de la notion de SE et de ses implications en termes de soutien à venir à l'agriculture.

Mots-clés : sol, agriculture, recherche, production de connaissances, dispositifs collectifs, interdisciplinarité, enquête qualitative, analyse lexicométrique

SOMMAIRE :

1. Introduction : le déconfinement de l'objet sol
2. Eléments théoriques et méthodologiques
3. Résultats obtenus
 - 3.1. Processus de production de connaissances sur les sols dans la sphère scientifique
 - 3.1.1. Une diversité de regards sur les sols
 - 3.1.2. Le paysage des sciences du sol sur 20 ans : tendances et facteurs d'évolution
 - 3.1.3. Les services écosystémiques, une notion peu structurante en sciences du sol
 - 3.2. Les agriculteurs en agriculture de conservation et la science
 - 3.2.1. Le club NouriciAgrosol
 - 3.2.2. Un dispositif de recherche-intervention pour expérimenter le non-labour en agriculture biologique
 - 3.3. Conclusion

Annexe 1 : ordre du jour de la réunion de mars 2012

Annexe 2 : ordre du jour de la réunion d'octobre 2012

Annexe 3 : ordre du jour de la réunion d'avril 2014

Annexe 4 : guides d'entretien avec les chercheurs du projet PEPITES

Annexe 5 : Etude quantitative de la production académique en sciences du sol sur les sols agricoles

Annexe 6 : Communication réalisée dans le cadre des 6èmes journées de recherches en sciences sociales SFER-INRA-CIRAD (13 décembre 2012)

Annexe 7 : document de travail présenté au séminaire interne du laboratoire RITME (INRA Ivry) le 2 décembre 2013.

Annexe 8 : diaporama présenté lors du séminaire interne du laboratoire ASTER (INRA-Mirecourt) le 24 avril 2014.

1. Introduction : le déconfinement de l'objet sol

Longtemps le sol a été considéré comme un simple support pour les activités humaines, et en particulier pour l'agriculture. Les sciences du sol se sont constituées tardivement, à la fin du XIX^{ème} siècle, sous l'égide de chercheurs russes (Boulaine, 1997). Mais ces recherches ont longtemps conservé un caractère très fondamental. Aux Etats-Unis, le phénomène de « Dust Bowl »¹ qui est survenu dans les années 1930 est généralement considéré comme un événement majeur conduisant à modifier profondément le regard sur les sols et leurs usages, à travers la création, en 1935, du « Soil Conservation Service ». En Europe, c'est toutefois beaucoup plus récemment, à partir des années 1990, que le sol a été appréhendé comme une ressource naturelle à protéger.

A cette époque, un groupe de chercheurs européens s'alarme des différentes « menaces » qui pèsent sur les sols en Europe, telles que la perte de biodiversité des sols, le tassement, la salinisation, l'érosion hydrique ou éolienne ou encore la pollution par les rejets industriels. C'est dans ce contexte qu'en France, le programme GESSOL, financé par le Ministère de l'environnement, voit le jour en 1998. Ce programme, dont l'objectif est de favoriser les recherches scientifiques sur le sol permettant de « réduire les risques de dégradation des sols et d'améliorer la prise en compte de leur multifonctionnalité », s'inscrit dans le long cheminement qui a conduit l'objet sol à sortir de la sphère strictement scientifique pour devenir un objet soumis au regard d'autres acteurs. Néanmoins pour l'heure, en Europe, la protection des sols n'a pas été instituée comme problème public au même titre que d'autres enjeux environnementaux comme par exemple la protection de l'eau : la directive cadre sur le sol sur laquelle la Commission Européenne a commencé à travailler en 2002 est toujours en cours d'élaboration.

C'est également au cours des années 1990 que le mouvement de l'agriculture de conservation des sols (AC) commence à se structurer. En France, l'initiative en revient à un petit groupe associant des agriculteurs et des chercheurs ayant travaillé en Amérique du sud (Goulet, 2008a). Motivés d'abord par la réduction de la charge de travail et des coûts de production, ces acteurs se sont intéressés aux techniques sans labour, avant de se tourner vers d'autres techniques impliquant un couvert végétal permanent des sols, dans le but de maintenir la fertilité des sols et de lutter contre l'érosion. Les praticiens de l'AC s'opposent à la vision d'un sol comme simple support de développement de la plante, vision établie au cours du processus de modernisation de l'agriculture, pour le reconsidérer comme un être vivant en tant que tel, auquel il convient d'apporter des soins spécifiques.

Ainsi, ce qu'il convient de considérer comme un déconfinement de l'objet sol dans la société est un phénomène assez récent, qui a conduit à renouveler les pratiques en recherche et en agriculture, et qui est directement lié à la montée en puissance des considérations environnementales. En particulier, la notion de service écosystémique, établie par des scientifiques dans une visée pragmatique, en vue de favoriser la contribution de la recherche à la préservation de l'environnement, apparaît comme une notion-phare pour penser les rapports entre nature et société. De plus en plus mobilisée dans la littérature scientifique (Tancoigne, 2014), elle contribue également à renouveler l'étude des entités naturelles, et notamment du sol.

Dans ce contexte de déconfinement de l'objet sol, comment de nouvelles connaissances sont-elles produites sur les sols en lien avec le souci de leur préservation ? En particulier, la mobilisation de la notion de service écosystémique, tant dans la sphère scientifique que politique, conduit-elle à l'élaboration de nouveaux types de savoirs ? Ce sont ces questions que nous avons traitées, en nous intéressant à deux catégories d'acteurs qui sont parmi les principaux contributeurs en matière de connaissances sur les sols : des acteurs scientifiques rattachés aux sciences du sol, et des acteurs de l'agriculture, conseillers et agriculteurs. Plus précisément, les objectifs du projet COSAC sont d'analyser (i) **la nature des connaissances produites par les différents collectifs d'acteurs**, c'est-à-dire les différents modes de production de ces connaissances, (ii) **les types d'épreuves (complémentaires ou concurrentes parfois) que ces collectifs mettent en place pour évaluer les connaissances** et (iii) **les déplacements induits par la notion de service écosystémique dans les modalités de production et d'évaluation des connaissances**.

¹ Dans les années 1930, la région des grandes plaines aux Etats-Unis a été traversée par une série de tempêtes de poussière liée à une érosion éolienne des sols cultivés. Ce phénomène appelé « Dust Bowl » est généralement expliqué par l'utilisation intensive du labour à cette époque.

2. Éléments théoriques et méthodologiques

L'approche théorique mobilisée : la nouvelle sociologie des sciences

Pour traiter ces questions, nous avons suivi l'approche développée par la nouvelle sociologie des sciences, qui consiste à observer et analyser 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. Elle est notamment pertinente pour étudier des réseaux d'acteurs agricoles tels que ceux 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 » et si elle est à l'origine de transformations dans leurs modes de production de connaissances et de controverses sur les incertitudes dont elle est porteuse (Barnaud *et al.*, 2011)

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)². 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.

² Pour plus d'informations sur le projet PEPITES, cf <http://www.projet-pepites.org/>

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 :

- 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 et le traitement d'un corpus documentaire de productions scientifiques sur le sol, via l'utilisation d'un logiciel d'analyse textuelle, afin d'approfondir la compréhension des différents types de savoirs scientifiques sur les sols agricoles. Nous reviendrons plus en détails sur la méthodologie employée pour chaque terrain étudié lors de la présentation des résultats.

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 démissionné 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. Nous revenons sur ce point dans la première partie du rapport, ainsi que de manière plus détaillée dans l'annexe 4.

Organisation de la présentation des résultats

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

- **Le chapitre 3 est consacré 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.
- **Le chapitre 4 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.

3. Processus de production de connaissances sur les sols dans la sphère scientifique

L'étude des processus de production de connaissances dans la sphère scientifique a pour point de départ l'observation de deux opérations de recherche (la tâche 1 *Fonctionnement biologique des sols en AC : production d'indicateurs biologiques et rôle de la faune du sol* et la tâche 2 *Dynamique des matières organiques dans les sols*) du projet PEPITES. Ces opérations ont rassemblé des chercheurs biophysiciens pour analyser les processus constituant les bases fonctionnelles des services écosystémiques. Elles comportent différents types de dispositifs de recherche : des études expérimentales conduites en laboratoire, des sites d'expérimentation chez des agriculteurs et, surtout, un nouveau collectif de chercheurs appartenant à des disciplines scientifiques variées (biologie, géochimie, physique du sol, agronomie) qui croisent leurs approches et se questionnent ensemble sur la nature des sols agricoles et les dynamiques qui les traversent. Ainsi, ces opérations de recherche constituent des lieux pertinents pour saisir l'interdisciplinarité en actes, et la manière dont cette pratique de recherche permet de faire émerger de nouveaux types de savoirs sur les sols. Le matériau d'analyse est tiré de l'observation des réunions liées à ces deux opérations de recherche, de la réalisation d'entretiens semi-directifs avec l'ensemble des chercheurs impliqués ainsi que la visite de leurs laboratoires. Certains thèmes abordés lors de la première rencontre ont fait l'objet d'un approfondissement au cours d'une seconde série d'entretiens (cf annexe 4 : guides d'entretien).

Parallèlement à ce travail d'enquête qualitative, nous avons souhaité appréhender de manière plus globale les dynamiques de recherche en sciences du sol autour des services écosystémiques. Notre ambition était ainsi de repositionner ces deux opérations spécifiques de recherche dans le paysage plus vaste des sciences du sol et des recherches qui y sont conduites sur les services écosystémiques des sols, et ainsi de combiner deux échelles d'analyse. Ce faisant, nous avons tenté de dépasser les approches actuellement dominantes en sociologie des sciences, centrées sur l'analyse minutieuse d'études de cas situées, mais qui ne permettent pas toujours de décrire les grandes tendances qui traversent le monde scientifique (par ex, le numéro spécial de *Terrains & travaux* consacré aux collectifs de recherche : Granjou, Peerbaye, 2011). Pour ce faire, nous avons réalisé une analyse lexicométrique de la littérature scientifique en sciences du sol, en sélectionnant sous la base de données Web of Science des notices d'articles scientifiques (titre, auteurs, résumé, mots-clés) traitant de problématiques agricoles et publiés dans des revues de langue anglaise spécialisées en sciences du sol. Cette étude quantitative a permis d'identifier les principales thématiques de recherches en sciences du sol et leur évolution sur la période 1992-2012, ainsi que la

place prise par les recherches portant plus spécifiquement sur les services écosystémiques des sols. L'annexe n°5 présente la méthodologie suivie ainsi que les résultats bruts de l'analyse lexicométrique.

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.

Ainsi, les résultats issus du croisement entre les conclusions de l'analyse lexicométrique et les éléments issus de l'étude du projet PEPITES, permettent ainsi de décrire le champ thématique des sciences du sol, les principales questions de recherche qui y sont traitées et la place qu'y occupe la notion de service écosystémique.

3.1. Les sciences du sol : une diversité de regards sur les sols

Les sciences du sol recouvrent un ensemble de disciplines scientifiques qui ont développé des outils et des concepts propres pour analyser la nature des sols et leur fonctionnement. Parmi les chercheurs rencontrés et participant au projet PEPITES, ceux qui se présentent comme biogéochimistes se concentrent sur les flux de minéraux entre le sol et la plante, en vue d'analyser les pertes engendrant des risques de pollution des eaux souterraines, ou de mieux saisir les modalités de nutrition des plantes. D'autres, qui relèvent de l'écologie, privilégient l'observation des différents microorganismes et macroorganismes peuplant le sol et l'analyse de leurs interactions. D'autres encore, spécialisés dans la physique des sols, s'intéressant à la structure physique des agrégats qui constituent le sol. Enfin, les agronomes se concentrent sur les différentes techniques associées au non-labour, pour en évaluer les effets sur le plan environnemental et productif. Ces différents regards renvoient à des outils et des concepts très différents. Les biogéochimistes utilisent des isotopes d'éléments minéraux pour caractériser leur présence dans les différents niveaux du sol et leur niveau de dégradation. Ils recourent également aux méthodes informatisées de modélisation pour représenter les flux de minéraux dans le sol. Les écologues spécialisés dans les microorganismes s'appuient quant à eux sur les techniques de spectrométrie de masse, qui permettent de repérer la diversité génétique des organismes présents du sol. Ceux qui sont spécialisés dans les macroorganismes peuvent réaliser des observations directes des vers de terre et collemboles dans des échantillons de terre prélevés à différents moments.

Du fait des méthodes d'investigation ainsi mobilisées par les chercheurs, la définition même de l'objet d'étude se révèle fort différente selon les disciplines. Pour certains, c'est une terre tamisée, homogénéisée, placée dans des colonnes en plastique et soumise à différentes conditions de température et d'humidité qui est étudiée. D'autres prélèvent directement leurs échantillons de terre dans des champs cultivés en station expérimentale, voire chez des agriculteurs participant à des essais scientifiques.

Cette diversité de regards portés sur les sols agricoles se retrouve également dans l'analyse lexicométrique de la publication académique en sciences du sol. Ainsi, sur la période la plus contemporaine (2006-2012), on observe cinq classes statistiquement distinctes, représentant cinq fronts de recherche (cf. tableau 1 page suivante) : (1) la modélisation informatique des dynamiques qui traversent les sols (principalement les flux d'éléments minéraux) ; (2) la gestion des paysages (traduction de « 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 directement de l'agronomie et apparaissent pourtant éloignés ; ils renvoient de fait à des enjeux de connaissance très différents, 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 d'abord et avant tout 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, à savoir les classes 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.

Bien qu'ils étudient le sol selon des perspectives différentes, parfois très éloignées, les chercheurs que nous avons rencontrés considèrent néanmoins qu'ils constituent une communauté, arguant de l'existence d'associations et de colloques en sciences du sol. En outre, certains chercheurs soulignent que des ponts existent entre les différentes approches. Par exemple, entre la biogéochimie et l'écologie, qui mobilisent un lexique différent pour décrire des phénomènes biologiques similaires, comme l'indique ce chercheur au cours d'une réunion :

« J'ai un exemple parce qu'on a soumis avec les Brésiliens un article où on regarde les interactions entre résidus qui se décomposent et ces interactions en qualité, les effets. Donc ça c'est un thème qui est pris complètement par les gens de l'écologie – et pas de l'agronomie, simplement ils sont sur les écosystèmes naturels, mais les concepts sont les mêmes, les approches sont les mêmes, et tout, donc si tu mets pas simplement, nous on met « crop residue », eux ils vont mettre « litter », donc les mots sont différents. »

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Nom de la classe	Modélisation	Landscape management	Organic matter decomposition	Symbioses rhizosphériques et nutrition des plantes	Crop production
Poids de la classe	15,9%	16,8%	22,9%	18,2%	26,3%
Formes spécifiques (Chi2)	Model (20073), datum (10732), method (7004), prediction (5653), equation (4585), regression (4492), estimate (4221), error (4048), fit (3758), predict (3644)	Erosion (6994), area (5596), land (5139), region (4786), sediment (4704), vegetation (3766), river (3741), slope (3380), landscape (3248), China (3192)	Microbial (12267), activity (5661), biomass (5004), organic (4458), respiration (4038), litter (3741), decomposition (3673), mineralization (2967), incubation (2883), community (2479)	Plant (12704), growth (10565), root (8105), specie (6599), mycorrhizal (5068), fungus (4392), inoculation (3427), leaf (3249), stress (3120), arbuscular (3067)	Ha (10721), crop (10643), fertilizer (9478), application (7538), yield (7452), manure (6571), kg (6230), wheat (5804), tillage (4284), treatment (3920)
Formes lexicales significativement absentes (Chi2)	Plant (-1824), increase (-1770), treatment (-1256), effect (-1132), microbial (-1085), growth (-971), crop (-917), biomass (-882), high (-819), activity (-810)	Treatment (-1356), plant (-1323), increase (-1034), root (-1013), growth (-994), application (-948), kg (-870), fertilizer (-850), biomass (-798)	Yield (-1576), crop (-1488), model (-1316), ha (-1189), ha (-1189), fertilizer (-855), datum (-781), wheat (-755), application (-705), area (-672)	Soil (-2551), organic (-1623), model (-1182), ha (-1118), carbon (-855), soc (-632), fertilizer (-623), tillage (-623), emission (-616), datum (-613)	Model (-1718), specie (-1412), activity (-1388), microbial (-1360), datum (-1143), forest (-1078), root (-962), community (-923), spatial (-797), fungus (-649)
Revue significativement présentes (Chi2)	Vadose (4630), Geoderma (2467), SoilSc Society America J. (1280), Clays & Clay (1084), Europ. J. SoilSc (887), SoilSc (278)	Catena (8326), Eurasian SoilSc (2232), Land Degrad. & Dev (1735), Geoderma (1244), J. of Soil & Water Conserv (516), Arid Land Research & Management (223)	Soil Biol. & Biochem. (6793), Applied Soil Ecology (604), Biol. & Fertility of Soils (498), Europ. J. of SoilSc (149)	Plant & Soil (4484), Applied Soil Ecology (1339), Pedobiologia (941), Spanish J. of Agricultural Research (843), Europ. J. of Soil Biol (685), Acta Agri Scandinavia (231)	Nutrient Cyclin AgroEcosyst (3552), Soil & Till R. (3483), Comm in SoilSc & Plant Analysis (1777), Canadian J. of Soil Sc (498), Acta Agri. Scandi. (455), Soil Use & Manag (400), SoilSc & Plant Nutrition (257)

Tableau n°1 : présentation des principaux résultats de l'analyse lexicométrique du corpus SoilScienceGlobal 2006-2012

Se pose ainsi la question du dialogue qui se noue entre les différentes approches scientifiques qui caractérisent le champ thématique des sciences du sol. L'analyse lexicométrique ne permet pas de répondre directement à cette question, dans la mesure où elle rend compte des grandes orientations de recherche au sein des sciences du sol, et met donc davantage l'accent sur ce qui les distingue que sur ce qui les rapproche. Une analyse diachronique de la production académique en sciences du sol permet cependant d'identifier si les évolutions des recherches dans ce domaine sont liées, ou non, à des hybridations durables entre disciplines scientifiques distinctes.

3.1.1. Le paysage des sciences du sol sur 20 ans : tendances et facteurs d'évolution

Le paysage des sciences du sol a fortement évolué au cours des vingt dernières années, comme nous l'avons constaté via l'analyse lexicométrique de la production scientifique académique sur 20 ans (cf annexe 4). Seul le domaine de la gestion des paysages s'est maintenu durant cette période. Alors que la physique du sol représentait un front de recherche propre dans les années 1990, elle disparaît dans les années 2000. Il en va de même pour les approches propres à la géochimie, qui étaient centrées sur l'étude des sols pollués et les mécanismes de pollution.

A l'inverse, d'autres approches scientifiques se sont fortement développées au sein des sciences du sol au cours de cette même période. Ainsi, la modélisation est de plus en plus utilisée, et constitue un front de recherche à part entière dans les années 2000. Dans le même temps, les travaux en écologie des sols sont plus nombreux et se diversifient, pour aborder des échelles et des objets d'analyse sensiblement différents. En agronomie, si les recherches consacrées à la production végétale, et centrées sur des questions de rendement, se maintiennent, d'autres se développent autour de la matière organique et de sa décomposition dans le sol, afin de mieux cerner les quantités d'azote et de carbone qui en sont issus et qui sont disponibles pour les plantes en croissance. La nutrition des plantes via le sol, qui était abordée par les travaux en écophysiologie des plantes dans les années 1990, est désormais étudiée à travers le rôle des racines et des rhizomes.

Ces évolutions doivent être rapportées à différents types de facteurs, que nous avons identifiés avec l'appui des chercheurs rencontrés en enquête et participant à l'analyse lexicométrique, et regroupés sous deux ensembles qui sont partiellement interconnectés. Tout d'abord, **les avancées dans le domaine technologique** influencent fortement la nature des questions de recherche. En effet, les méthodes et outils d'analyse, qui peuvent être des équipements lourds, structurent fortement les façons d'organiser et même de penser la recherche. L'essor des capacités de calcul des ordinateurs a ainsi permis un recours croissant au modèle informatique comme méthode pour formaliser les dynamiques physique, chimique et biologiques qui traversent les sols, d'où l'essor observé de la modélisation comme outil de recherche en sciences du sol. De la même manière, la mise au point des techniques de spectrométrie de masse ont permis une analyse plus fine de la matière organique des sols, et une plus grande caractérisation des microorganismes qui s'y trouvent. Avant l'existence de telles techniques, on mesurait la matière organique du sol à travers la quantité de carbone qu'il contenait. Désormais, on peut différencier les organismes présents dans le sol via des analyses de caractérisation des gènes.

L'intérêt croissant porté au génome des organismes vivants grâce à l'apparition de nouvelles technologies explique également la disparition de l'écophysiologie des plantes comme front de recherche au sein des sciences du sol. Cette sous-discipline de la biologie végétale s'est en effet orientée vers des échelles d'analyse de plus en plus petites et moins pertinentes en sciences du sol. Ces recherches sont donc désormais publiées dans d'autres revues que celles de sciences du sol, comme l'indiquent les échanges entre chercheurs en science du sol lors d'une réunion que nous avons animée :

« On ne les retrouve plus trop [les gens d'écophysio]

- Oui, ils sont partis en écophysio, vraiment biologie végétale, parce que c'est quand même l'arrivée en biologie végétale de l'infiniment petit. On l'a assez dit, à l'INRA, qu'il n'y avait plus de spécialiste de la plante entière, que tout le monde était au niveau de la cellule et de l'expression du gène.
- Oui oui, c'est ça, les écophysiologues, ils ont quitté ces champs.
- Et je pense qu'ils disparaissent du champ sciences du sol. Et du coup, ceux qui étaient sur les mécanismes assez fins mais en relation, un peu intégrateur, ils sont effectivement passés sur symbiose. Enfin, pas eux mais... »

Précisons que ces avancées technologiques n'ont pas impacté uniquement les sciences du sol, l'essor de la modélisation, l'expansion des approches écologiques et centrées sur le génome étant observés dans d'autres champs thématiques scientifiques.

Le second facteur qui influence les questions de recherche traitées en sciences du sol renvoie aux **orientations impulsées par les financeurs de la recherche**, en lien avec leurs conceptions des attentes sociétales. Dès lors que les projets scientifiques sont désormais financés via des appels d'offre, ils doivent répondre pour partie aux exigences qui y sont formulées. La disparition de la physique des sols s'explique ainsi par un arrêt des financements dédiés à ce type d'approche, comme l'indique une chercheuse au cours d'une réunion dans l'extrait ci-dessous :

« La physique du sol dans les années 1990 était un thème phare des sciences du sol. Et ça, ça a disparu, et les gens qui faisaient de la physique du sol ont changé de thématique. (...) »

Q : Et pourquoi avez-vous dû changer ?

Parce que ça n'avait pas de sens de continuer à faire de la recherche en physique du sol, il n'y avait pas d'argent. Y'avait pas de projet. Ça ne correspondait pas à des thèmes de recherche, c'était trop spécialisé. Et il fallait mettre des flux, des flux d'azote, des flux de polluants, de la décomposition, de la réactivité chimique. Voilà. Fallait mettre des choses dans l'eau. »

Ainsi, la physique du sol n'existe plus en tant que front de recherche spécifique. Jugée trop réductrice, elle a été intégrée dans des travaux de recherches intégrant des questionnements relatifs à la circulation des éléments minéraux et organiques dans le sol. De la même manière, les biogéochimistes ont dû faire évoluer leurs objets de recherche pour décrocher de nouveaux contrats. C'est ce que souligne un chercheur au cours d'un entretien :

« Nous qui avons pour objectif d'améliorer les pratiques agricoles en vue de maîtriser les impacts environnementaux, on a plus de mal à justifier les approches au labo et de plus en plus, il faut des échelles de territoires, des sociologues, dans tous les projets, c'est très dur, d'être en ce moment sur les cycles de l'azote. Ils ont pas tout à fait tort, ils ont l'impression que les connaissances on les a, et que ces changements d'échelles temporelles et spatiales et des acteurs vont nous faire avancer, ils ont pas tout à fait tort. Donc des choses qu'on vendait très facilement sur la spécialité y a 15 ans, c'est plus dur maintenant. »

C'est l'association avec des microbiologistes au sein des projets de recherche qui permet à ce chercheur d'obtenir de nouveaux financements. De manière plus générale, l'interdisciplinarité étant devenue une exigence centrale dans les programmes de financement de la recherche, cela a permis de favoriser la rencontre entre disciplines différentes étudiant les sols agricoles. Un écologue rencontré en entretien souligne les collaborations récentes qu'il a ainsi nouées avec des agronomes, chose qui apparaissait auparavant impossible.

« Pendant longtemps, j'ai eu l'impression qu'on ne pouvait pas discuter, même les agronomes. J'ai toujours eu un mal fou, les relations étaient toujours difficiles. Maintenant on est accueilli à bras ouverts, ça m'a fait vraiment prendre conscience qu'on pouvait interagir, et qu'ensemble on pouvait avancer dans la même direction. »

Cependant, l'association de chercheurs de disciplines différentes dans un même projet de recherche ne conduit pas nécessairement à la production de connaissances scientifiques nouvelles. Souvent, ils continuent à travailler séparément avec leurs propres outils et méthodes, comme l'indique ce biogéochimiste.

« Dans tous nos programmes on essaie de se lier à des microbiologistes, quitte à des fois ça sert à rien, ça montre rien, tout c'est pas expliqué par la diversité des gènes ou la diversité des fonctions. Mais nous on a une stratégie d'alliance plus systématique avec des microbiologistes, pour avoir cette composante. »

Les orientations politiques impulsées par les financeurs de la recherche ont également des effets plus globaux sur les dynamiques internes au monde scientifique, puisqu'elles favorisent l'apparition de nouveaux domaines de recherche, repérables notamment à travers la création de nouvelles revues scientifiques. Ainsi, certains questionnements de recherche autrefois très présents au sein des sciences du sol se déplacent dans d'autres champs thématiques. C'est le cas des travaux de géochimie portant sur la pollution des sols, qui ne ressortent plus dans les articles scientifiques de sciences du sol dans les années 2000. Ces travaux n'ont pas été abandonnés, bien au contraire. Ils sont désormais publiés dans d'autres revues que celles de sciences du sol, à savoir les revues d'environnement, dont le nombre a fortement augmenté ces dernières années.

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. De fait, ces derniers sont *in fine* évalués sur la qualité et la quantité de leurs publications dans les revues scientifiques, sachant que l'approche disciplinaire prime dans celles-ci.

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. La montée en puissance de la notion de service écosystémique dans les milieux scientifique et politique depuis le milieu des années 2000 conduit-elle à l'apparition de nouvelles approches scientifiques des sols agricoles ? C'est cette question que nous allons maintenant aborder.

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

La notion de service écosystémique a été popularisée par le rapport du Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), vaste concertation initiée par les Nations Unies pour faire le point sur l'état des écosystèmes mondiaux, et qui a rassemblé près de 1360 experts internationaux. Définie comme les bienfaits que les hommes obtiennent des écosystèmes naturels, elle est associée à des 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). Le rapport du MEA (2005) distingue quatre types de services écosystémiques (MEA, 2005) qui sont aujourd'hui largement repris dans les publications scientifiques : les services d'approvisionnement (c'est-à-dire la production de biens nécessaires à la vie humaine tels que des aliments, énergie, fibres...), les services de régulation (climat, ressources en eau...), les services d'appui ou de soutien (formation des sols, stockage de carbone et d'azote, contrôle biologique des maladies et des ravageurs...) et les services culturels (esthétiques, spirituels...).

La notion de paiement pour service écosystémique, qui consiste à indemniser les acteurs qui œuvrent à la rénovation et/ou au maintien d'écosystèmes naturels pourvoyeurs de services pour l'homme, est de plus en plus mobilisée dans le domaine des politiques de protection de l'environnement, comme pour la gestion des forêts au Costa Rica (Le Coq, 2012), ou celle de l'eau aux USA. Elle est notamment mobilisée par les bailleurs de fond internationaux et les organisations non gouvernementales, et donc utilisée pour concevoir les actions de développement et de protection de l'environnement financées par ces organismes dans nombre de pays du sud (Andriamahefazafy *et al.*, 2012). En Europe, le concept a été encore peu utilisé par l'Union Européenne mais il apparaît aujourd'hui dans les renégociations de la politique agricole commune (Bonnal *et al.*, 2012). De nombreuses recherches ont ainsi été engagées pour étudier la mise en politique de la notion de service écosystémique, c'est-à-dire la manière dont elle se traduit dans les programmes de préservation de l'environnement et l'efficacité des mesures qui en découlent. Les politiques étudiées portent principalement sur la protection de la biodiversité, de l'eau, et des forêts. Les sols ne semblent cependant pas faire l'objet de mesures ciblées dans les politiques s'appuyant sur l'approche par service écosystémique. De fait, même si la conservation des sols est depuis longtemps une priorité pour de nombreux pays, l'intégration de cet enjeu dans les politiques publiques tarde face à d'autres enjeux environnementaux, comme en témoigne le projet toujours inachevé de Directive-cadre sur les sols de l'Union Européenne.

Si les sciences sociales se sont penchées sur la manière dont la notion de service écosystémique se diffuse aujourd'hui dans la sphère politique, son impact dans la sphère scientifique reste quant à lui peu étudié. On observe quelques analyses sur la conceptualisation de l'approche des paiements par service écosystémique dans le champ de l'économie (Méral, 2012 ; Froger *et al.*, 2012). Par contre,

l'introduction de la notion de SE dans les sciences biotechniques a été uniquement étudiée dans des travaux bibliométriques (Tancoigne, 2014), qui soulignent sa présence croissante dans les publications scientifiques depuis le milieu des années 2000, période correspondant à la sortie du rapport du MEA. Concernant les sciences du sol, l'analyse lexicométrique que nous avons menée montre que le nombre d'articles portant sur les sols agricoles et mobilisant la notion de SE augmente très fortement après le rapport du MEA. Néanmoins, ces articles représentent moins de 1% de l'ensemble des articles académiques traitant des sols agricoles, ce qui montre une appropriation somme toute limitée de cette notion par les chercheurs travaillant dans ce domaine.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Nom de la classe	Soil management	Soil microbial activity	Ecologie fonctionnelle des sols	Litter decomposition	Quantification ?
Poids de la classe	33,6%	13,5%	26,3%	6,9%	19,8%
Formes spécifiques (Chi2)	Land (176), management (163), service (155), ecosystem (155), understand (116), function (88), conservation (87), research (77), ecological (76), area (74)	Bacterial (266), microbial (222), community (221), rhizosphere (123), plfa (114), structure (109), activity (104), profile (103), analysis (101), stress (87)	Plant (245), richness (132), specie (98), biomass (93), abundance (91), legume (60), increase (54), nematode (54), effect (54), drought (53)	Litter (807), decomposition (494), mixture (492), additive (326), leaf (316), mix (274), decompose (230), mass (207), specie (165), synergistic (149)	Mg (203), kg (188), cm (151), Ca (97), pH (80), concentration (79), Tn (78), Mu (78), depth (77), ha (77)
Formes lexicales significativement absentes (Chi2)	Litter (-111), biomass (-77), specie (-66), high (-66), plant (-59), total (-58), treatment (-53), decomposition (-53), community (-53), low (-51)	Ecosystem (-18), service (-12), conservation (-12), loss (-11), Mg (-10), arid (-10), cm (-10), land (-10), input (-9), richness (-8)	Land (-38), management (-29), kg (-21), ha (-20), Mg (-19), service (-18), conservation (-16), develop (-16), method (-15), area (-15)	Soil (-87), microbial (-21), function (-18), activity (-15), land (-13), water (-13), community (-11), ecosystem (-11), change (-10), organic (-9)	Community (-99), ecosystem (-81), plant (-64), effect (-54), specie (-54), diversity (-52), function (-48), structure (-47), process (-44), bacterial (-32)
Revue significativement présentes (Chi2)	Land Degrad & Develop (168), Catena (61), J. of Soil & Water conserve (56), SoilSc Society of America J. (30), Vadose (28)	Soil Biol. & Biochem. (52), SoilSc and Plant Nutrition (15)	Soil Biol & Biochem (48), Plant & Soil (48), Pedobiologia (25)	Plant & Soil (66), Compost Sc & Utiliz (34)	Soil Research (27), J of Plant Nutrition & SoilSc (24), Geoderma (19)

Tableau n°2 : présentation des principaux résultats de l'analyse lexicométrique du corpus SoilScienceSE 2006-2012

L'étude lexicométrique que nous avons conduite a permis d'identifier de manière plus précise les spécificités des articles académiques se référant aux services écosystémiques par rapport à l'ensemble des publications de sciences du sol traitant de problématiques agricoles (cf tableau 2 page précédente). On observe tout d'abord la prédominance des approches propres à l'écologie dans ces travaux. Sur les cinq classes qui ressortent du traitement lexicométrique de ces articles sur la période 2006-2012, trois relèvent en effet directement de l'écologie : l'activité microbienne des sols, l'écologie fonctionnelle des sols et la décomposition des résidus végétaux et des litières. Il s'agit là d'une tendance qui traverse les sciences du sol, mais qui apparaît plus marquée dans le cas des recherches s'intéressant aux SE, avec une attention plus particulièrement portée sur les activités des êtres vivants. Par contre, la modélisation actuellement en vogue dans les sciences du sol n'apparaît pas comme une méthode centrale d'étude des services écosystémiques des sols agricoles. Enfin, les pratiques agricoles sont appréhendées sous l'angle de la préservation des sols plutôt que de leur exploitation à des fins de production.

Ainsi, les différents fronts de recherche abordés par les travaux portant sur les SE des sols agricoles et repérés via l'analyse lexicométrique ne se distinguent pas fondamentalement de ceux qui caractérisent l'ensemble des travaux de sciences du sol traitant de problématiques agricoles. Certains questionnements sont absents, d'autres apparaissent plus précis, comme dans le domaine de l'écologie. Mais 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 service écosystémique. Celle-ci est mobilisée dans les travaux d'écologie qui en sont déjà proches d'un point de vue conceptuel et thématique.

Les entretiens réalisés avec les chercheurs confirment les résultats de l'analyse lexicométrique. Ces derniers indiquent que la notion de SE leur permet de relier leurs travaux de recherche à des problèmes environnementaux posés à la société, et ainsi de les présenter à l'extérieur d'un cercle d'initiés. Mais elle n'a pas eu d'influence directe sur la manière de formuler et de traiter leurs questions de recherche. Il s'agit avant tout pour eux d'un « affichage », facilitant le dialogue avec les non-scientifiques et permettant l'accès à des sources de financement nouvelles, de plus en plus d'appels d'offres mettant en avant la notion de SE. Une étude réalisée par des étudiants de master 2 de l'ISARA et portant sur des organismes de recherches européens et nord-américains et des institutions publiques européennes (Atlani et al., 20112), aboutit aux mêmes conclusions. Du côté des organismes scientifiques, la notion de service écosystémique est mise en avant dans les documents destinés au grand public et aux décideurs politiques, mais elle n'apparaît pas comme un concept central dans les travaux scientifiques effectivement conduits. De fait, communiquer en termes de services écosystémiques permet de relier de manière simple et immédiate des thématiques de recherche - par exemple l'étude de la croissance des champignons dans les sols - avec des enjeux sociétaux compréhensibles par tous - comme la lutte contre l'érosion des sols -, sans entrer dans des explications plus longues – le fait que les champignons permettent, via les filaments qu'ils développent, de lier les différents éléments du sol, favorisant ainsi la constitution d'agrégats et la stabilisation de la structure de ce sol.

Pour l'heure, l'entrée de la notion de SE dans les sciences du sol ne semble donc pas avoir transformé les thématiques de recherche. Dans le discours des chercheurs, les SE se substituent en effet partiellement aux fonctions du sol, concept antérieurement utilisé pour souligner les différents rôles de ce compartiment au sein des écosystèmes et vis-à-vis de l'homme (stockage de carbone et d'azote, stockage et épuration de l'eau, support de production végétale,...). La principale différence qu'ils pointent entre ces deux notions porte sur le caractère nettement anthropocentré des SE. Sans doute notre étude est-elle arrivée trop tôt pour étudier l'impact de l'approche par SE dans la sphère scientifique. Car ce n'est que récemment que de nouveaux programmes de financement centrés sur la notion de SE ont été mis en place, que ce soit au niveau européen (Atlani et al., 2012) ou au niveau national par l'INRA³.

Au-delà de cet affichage, les chercheurs interviewés témoignent d'une certaine distance à l'égard de la notion de SE. S'ils la mobilisent de plus en plus fréquemment, ils n'adhèrent toutefois pas toujours aux représentations de l'environnement qu'elle véhicule. En particulier, la question de l'évaluation monétaire des services écosystémiques soulevée par l'approche des paiements pour SE est écartée par une partie des chercheurs rencontrés. Aucun d'entre eux ne collabore directement avec des

³ Nous faisons ici référence au métaprogramme EcoServ qui a été lancé en avril 2014, cf site internet <http://metaprogrammes.inra.fr/Evenements/2014avril9-EcoServ>.

économistes. Ces chercheurs se refusent en effet à prendre part à ce qu'ils perçoivent comme une instrumentalisation de la nature, qui serait uniquement dédiée au bien-être de l'homme. A l'inverse, d'autres chercheurs, essentiellement des agronomes, voient dans cette notion une manière de concilier recherche d'efficacité productive et préservation de l'environnement dans les activités agricoles. Quoiqu'il en soit, cette notion leur reste le plus souvent extérieure. Elle ne fait pas l'objet de discussions entre eux, même si des tentatives de définition scientifique des services écosystémiques des sols ont surgi dans la sphère académique (Robinson *et al.*, 2009 ; Dominati *et al.*, 2010). Surtout, 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 telles que la marchandisation de la nature (Maris, 2014).

3.2. Etudier en interdisciplinarité les services écosystémiques des sols agricoles : l'expérience PEPITES

Après cette présentation générale des thématiques abordées par les chercheurs de sciences du sol étudiant les sols agricoles, et de leurs évolutions récentes, nous allons maintenant faire un focus sur le projet de recherche PEPITES. Notre objectif est de relater quelques temps forts de l'histoire de ce projet afin de donner à voir ce qu'ont produit les interactions entre des chercheurs en sciences du sol dans leur diversité (y compris des agronomes), des chercheurs en sciences économiques et sociales et des représentants de collectifs d'agriculteurs.

3.2.1. Un projet très ambitieux dans sa construction

Le caractère interdisciplinaire (associant sciences biotechniques et sciences sociales) du projet PEPITES répondait à un double enjeu scientifique : produire des connaissances à la fois sur les processus écologiques et sur les processus sociaux d'innovation autour du sol. Une hypothèse forte à la base de ce projet était l'existence d'un lien fort entre la nature des connaissances produites et des dispositifs qui les produisent. C'est pourquoi les recherches engagées visaient tout autant à mieux comprendre le fonctionnement des sols, qu'à saisir les modalités selon lesquelles des connaissances sur ce fonctionnement étaient mises au point.

Ainsi, PEPITES a associé des chercheurs de disciplines très variées, sachant que la plupart d'entre eux n'avaient pas d'expérience de travail en interdisciplinarité. Plus précisément, le collectif des chercheurs mobilisés était composé :

- de chercheurs en sciences du sol travaillant sur les processus biologiques, d'autres sur les processus physico-chimiques
- d'agronomes, certains travaillant à l'échelle de la parcelle et d'autres à l'échelle de l'exploitation
- d'économistes travaillant également à l'échelle de l'exploitation et de sociologues.

L'objectif de PEPITES était donc déjà très ambitieux dans la mesure où il projetait de faire travailler ensemble une grande diversité de disciplines pour répondre à un objectif scientifique qui nécessitait un travail en interdisciplinarité.

Enfin, comme indiqué précédemment, PEPITES a associé, au sein même du comité de pilotage du projet, des représentants de collectifs agricoles investis sur l'agriculture de conservation (AC)⁴. Cette association représentait là aussi une double ambition. Il s'agissait d'associer des acteurs non chercheurs aux activités de recherche et pas n'importe quels acteurs, des acteurs de l'AC qui ont dans diverses instances montré par le passé leur désapprobation de la façon dont les institutions françaises de recherche en France abordaient (ou n'abordaient pas) les questions liées au sol (Goulet, 2008b).

⁴ Deux d'entre eux participent au comité de pilotage du projet : un est agronome dans la coopérative Nouricia, animateur du club NouriciAgrosol, l'autre est agriculteur lui-même, secrétaire de l'association BASE et rédacteur en chef de la revue TCS. Les deux autres représentants de collectifs d'agriculteurs sont un conseiller de chambre d'agriculture et un agriculteur travaillant également comme commercial pour une firme de matériel spécial pour le semi-direct.

3.2.2. S'accorder sur ce qu'est un terrain

Un moment très riche d'échanges entre disciplines a été d'échanger sur ce qu'est un « terrain » pour les uns et pour les autres. S'interroger sur son terrain est familier des chercheurs en sciences sociales s'inscrivant dans une tradition de questionnement anthropologique sur le rapport subjectif du chercheur au terrain, lieu et objet d'étude. En revanche un tel questionnement constituait un important déplacement pour les chercheurs en sciences du sol et a révélé aux chercheurs la diversité de leurs approches : d'un réseau d'acteurs mobilisés autour de l'AC pour les sociologues, le terrain de certains agronomes est constitué par un réseau de parcelles, quand pour certaines analyses physico-chimiques le terrain est constitué par des colonnes de terre.

Au final une définition commune et englobante du terrain a été retenue : un terrain comprend un dispositif de recherche sur le non labour et les couverts végétaux conduit par un organisme scientifique, des parcelles en AC conduites par des agriculteurs et un ou plusieurs dispositifs d'accompagnement incluant les principaux acteurs du développement de l'AC. Chaque terrain est commun à l'ensemble des disciplines scientifiques qui doivent chacune spécifier leurs objets d'étude sur ces terrains (des colonnes de sol, des colonies de lombrics, des successions culturales, des réseaux d'acteurs...). Ainsi les objets et les méthodes de recherche sont discutés et parfois reconfigurés au contact des réalités du terrain, des échanges avec les partenaires professionnels et avec les collègues d'autres disciplines.

Des controverses ont également été introduites par les représentants des collectifs d'agriculteurs. Le choix des parcelles (donc des terrains) sur lesquelles devaient être effectuées toutes les analyses biologiques et physico-chimiques a été à l'origine de nombreuses discussions. Un des représentants des agriculteurs plaçait tout l'intérêt scientifique du projet dans l'analyse de parcelles cultivées depuis plus de 10 ans en semi-direct. De son point de vue, c'était là la condition sine qua non pour que les analyses puissent mettre en évidence la supériorité des sols conduits sans labour. Un autre représentant des agriculteurs a réagi fortement à une succession de présentations, par des chercheurs, de méthodologies basées sur de la modélisation. Il a affirmé son désintérêt pour ce type d'approche argumentant que les modèles travaillaient sur des moyennes alors que lui recherchait « ce qui est en dehors de la courbe » justement parce que c'est innovant. Ces deux moments de controverses par rapport aux choix des scientifiques montrent que chercheurs et représentants professionnels se sont associés dans PEPITES en ayant des objectifs différents. Un autre débat s'est tenu entre scientifiques autour d'un dispositif de recherche mis en place par l'une des équipes, et que nous allons maintenant présenter.

3.2.3. Les colonnes de terre, une forme de laboratisation du sol.

L'un des moments forts des interactions entre chercheurs correspond au dispositif des colonnes de terre tamisée. Ce dispositif vise à étudier le fonctionnement biogéochimique du sol en milieu confiné, il correspond à une forme de « laboratisation » du sol, pour reprendre le néologisme utilisé notamment par Callon et al. (2001). Les débats scientifiques ont conduit à une expérience radicalement nouvelle pour le chercheur en charge de ce dispositif, consistant à introduire des vers de terre dans ces colonnes.

Encadré 1 : Etudier le sol dans des colonnes

Les colonnes sont des tubes verticaux en plastique contenant de la terre, utilisés pour mesurer des flux d'éléments minéraux et organiques entre le dessus et le dessous. Figurant un sol, ces colonnes sont utilisées pour évaluer la disponibilité de ces éléments pour les plantes mais aussi leurs risques d'infiltration dans le sous-sol et, partant, dans les réserves d'eau souterraine. L'expérience considérée consistait à évaluer l'effet des mulchs (résidus de culture) sur les flux de nitrates et de pesticides dans le sol : des résidus de produits végétaux divers étaient placés sur la terre en haut de la colonne, puis de l'ammonitrate ou des produits phytosanitaires étaient injectés via des pipettes, et après avoir placée la colonne dans des conditions de température et d'humidité contrôlées, des mesures des quantités d'azote et de résidus de pesticides dans la terre étaient réalisés à différents endroits de celle-ci.

L'ensemble de ce dispositif expérimental placé dans un laboratoire fermé est destiné à produire des données chiffrées qui permettront de traduire les phénomènes observés sous forme d'équations mathématiques. Ces équations alimentent ensuite un modèle informatique qui a pour objet de décrire de manière mécaniste l'ensemble des transferts de masse (eau, solutés, gaz) et d'énergie (chaleur) qui se font dans les premières couches de sol. Le travail mené dans le cadre de PEPITES avait pour objectif de créer un module spécifique au sein d'un modèle de simulation de phénomènes biologiques et chimiques : le module mulch, permettant de décrire l'effet de ces couches de végétaux sur des transferts de différents éléments dans le sol. Ce travail a été mené dans le cadre d'une thèse.

Par souci de représentativité des exploitations agricoles, une concertation rassemblant l'ensemble des chercheurs en sciences du sol du projet PEPITES a permis de définir des types de terre et des types de mulchs à tester. Ainsi, c'est un sol limoneux et quatre mulchs différents (blé seul ou avec luzerne) qui ont été utilisés pour incarner les sols français et les pratiques des agriculteurs en termes de couvert végétal. Une controverse est néanmoins apparue entre les scientifiques sur l'absence de macro-organismes, notamment de vers de terre, dans ces colonnes. En effet, la terre placée dans ces dispositifs est tamisée, elle ne contient pas de gros insectes, uniquement des microorganismes invisibles à l'œil nu. De ce fait, c'est une terre très différente de celle des champs des agriculteurs, tant dans sa composition que dans sa structure. Or les vers de terre constituent, aux yeux des agriculteurs de l'AC, un acteur central dans la constitution et le maintien d'un sol de qualité. Au cours d'une réunion du projet PEPITES, des écologues étudiant la macrofaune du sol ont donc proposé d'introduire des vers de terre dans les colonnes (trois par colonne) pour se rapprocher d'un sol plus réel. Et comme le rapporte le chercheur du laboratoire A : « les vers de terre ont mis le bazar dans nos colonnes, ça a bouleversé beaucoup de choses. » Les vers ont en effet créé des galeries et enfoui certains morceaux végétaux dans le sol, créant des différences dans l'agencement vertical du sol. Les résultats n'ont pas pu être analysés par manque de connaissances de ces êtres par les chercheurs du laboratoire A. L'un d'entre eux estime qu'il est possible d'intégrer « l'effet ver de terre » dans le « module mulch », par exemple en estimant que « 20 ou 30% de la paille à la surface entre dans le sol ». Ainsi, à ses yeux, cette expérience ne disqualifie pas l'intérêt du dispositif, elle ouvre plutôt vers de nouveaux questionnements scientifiques permettant d'affiner encore davantage le modèle informatisé.

Ainsi, le dispositif confiné des colonnes de terre a connu des modifications substantielles suite aux critiques émanant principalement des écologues, plus habitués à travailler en milieu ouvert, pour étudier la macro- et la microfaune de champs d'essais ou de parcelles cultivées par des agriculteurs. Cependant, les résultats issus de cette expérience n'ont pas fait, pour l'heure, l'objet d'une publication scientifique, ce qui est un signe pour certains chercheurs que le travail interdisciplinaire n'a pas pleinement abouti. Pour d'autres chercheurs toutefois, cette expérience de confrontation entre une diversité de disciplines, et avec les acteurs de l'agriculture de conservation des sols, les a conduits à revoir leur manière de penser le sol et son fonctionnement, et à préciser davantage les concepts qu'ils emploient pour les confronter au regard des autres chercheurs. C'est ce qu'indique ce biogéochimiste dans l'extrait d'entretien suivant :

« Q : Donc Pepites a changé quelque chose dans ta façon de travailler, de voir les choses ?
 Oui c'est ça qui a été l'opportunité, et même à Madagascar, ils ont dit « ah oui, on parle avec des mots c'est flou, ils ont dit c'est flou mais on sait pas bien ce que c'est, et donc je leur ai dit y en a qui réfléchissent là-dessus, ça serait intéressant qu'on lise tout l'article pour voir si on est d'accord avec les définitions. »

Ainsi, le projet PEPITES a permis de réels croisements entre disciplines scientifiques, qui ont conduit certains chercheurs à déplacer le regard qu'ils portaient sur les travaux de leurs collègues, à reconsidérer leurs propres approches et à les repositionner dans un cadre scientifique plus large. Ce projet a également conduit à des chercheurs à s'intéresser aux questions des agriculteurs concernant le fonctionnement des sols, ainsi que les préoccupations de ces derniers concernant l'efficacité productive et les effets environnementaux des techniques qu'ils utilisent. Parallèlement les représentants des agriculteurs, participant aux ateliers du projet, ont pu être témoins des questionnements et des difficultés rencontrées par les scientifiques dans la construction de leurs dispositifs de recherche. Ils ont pu comprendre que les choix expérimentaux étaient à la fois pesés et le produit de compromis. On peut faire l'hypothèse que le regard, au départ très critique, sur le travail scientifique a évolué dans le cours de ce projet. Ces échanges entre chercheurs et avec les agriculteurs ont d'ailleurs été des éléments moteurs dans la construction du projet COSAC.

Néanmoins, le projet PEPITES semble rester, jusqu'à présent du moins, une expérience « à part » pour les chercheurs concernés car elle ne les a pas amenés à modifier durablement leurs pratiques de recherche, que ce soit au niveau des collaborations qu'ils établissent avec d'autres scientifiques ou avec les acteurs agricoles, ou concernant les dispositifs de recherche qu'ils mobilisent. Tous soulignent qu'ils ont retrouvé des conditions de travail plus habituelles dans les projets de recherche dans lesquels ils se sont engagés à la suite de PEPITES : collaboration entre chercheurs de même discipline ou de disciplines proches, approfondissement de questions de recherche déjà abordées antérieurement, mobilisation des dispositifs d'investigation qu'ils maîtrisent.

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

Ce chapitre revient sur les opérations de recherche 2 et 3, qui reposent sur l'étude de collectifs d'agriculteurs qui pratiquent l'agriculture de conservation des sols ou s'intéressent à ce type d'agriculture, et qui travaillent en relation avec un ou des experts. Le premier collectif a été constitué par une coopérative céréalière, Nouricia, et son animation a été confiée à des conseillers agricoles de la coopérative reconnus pour leurs compétences en agronomie. Dans le second cas, ce sont des enseignants-chercheurs d'une école supérieure d'agriculture, l'ISARA, qui ont mis en place un dispositif d'essais impliquant un collectif d'agriculteurs dans le sud-est de la France. Ces deux collectifs se caractérisent par leur intérêt pour des connaissances issues de l'expertise et en particulier de l'expertise scientifique ; ils se distinguent toutefois par un rapport plus ou moins distancié à la recherche institutionnelle. Ainsi, dans ce chapitre, notre objectif n'est pas simplement d'étudier les processus de production de connaissances d'agriculteurs entre eux ou dans leur travail quotidien sur leurs exploitations, comme cela a déjà été fait ailleurs (dans le projet QueSacteS du programme GESSOL, cf Compagnone *et al.*, 2013), mais de prendre en compte, au sein de ces processus, les moments de confrontation entre agriculteurs et différents experts sur les sols agricoles, et notamment les chercheurs en sciences du sol. Après avoir présenté tour à tour les deux collectifs étudiés, analysé les modalités de leur constitution et les formes de production de connaissances sur le fonctionnement des sols et l'efficacité des différentes techniques de travail du sol qui y sont développées, nous proposerons dans une dernière partie une comparaison entre ces deux cas d'étude.

4.1. Le club NouriciAgrosol

4.1.1. L'organisation du dispositif de production de connaissances

4.1.1.1. Le club NouriciAgrosol : vitrine et laboratoire d'une coopérative

Nouricia est née en 2001 dans le vaste mouvement des fusions acquisitions qui touche les coopératives. Ce groupe intervient principalement dans le secteur des grandes cultures et de la viticulture en Champagne. Il s'agit d'une coopérative d'approvisionnement et de stockage mais également très impliquée en aval dans la transformation et la commercialisation des produits qu'elle collecte. En avril 2012 Nouricia a fusionné avec Champagne Céréales pour fonder l'actuel groupe Vivescia. Le président, Christian Rousseau, est engagé dans une dynamique de non labour sur son exploitation. Il est l'initiateur de la création du club NouriciAgrosol en 2004, club qui rassemble des agriculteurs (adhérents de la coopérative mais aussi non adhérents) intéressés par la mise en œuvre de techniques de travail du sol sans labour. Les membres du club sont donc des agriculteurs volontaires. Pour accompagner le club dans ses travaux, la coopérative met à sa disposition un temps partiel de deux de ses techniciens. Comptant une quarantaine de membres en 2005, NouriciAgrosol en rassemble aujourd'hui plus de soixante-dix.

NouriciAgrosol représente une vitrine pour la coopérative dans la mesure où la presse locale (revue agricole de l'Aube, Horizons 77, l'avenir agricole et rural) fait régulièrement état des activités du club, le présente comme un groupe innovant et de fait assure une certaine publicité à la coopérative dont la notoriété s'accroît sur la thématique du non labour. Nouricia communique également beaucoup sur les activités de son club : le club (ou les membres du club) sont régulièrement à l'honneur de sa lettre d'information NouriciActualités par exemple. Le club est encore à l'honneur dans les événements organisés par la coopérative :

- Les Rencontres des TCS. Il s'agit de conférences débats qui attirent deux ou trois centaines de personnes autour d'une ou plusieurs personnalités du monde des TCS. Cette rencontre est adossée à l'assemblée générale annuelle du club.

- Champ d'experts : cette sorte de mini-salon agricole présentant la variété des activités de Nouricia a eu lieu en 2007 et en 2009. Lors de l'édition 2009 étaient présentées les expérimentations du club. Les visiteurs pouvaient observer sur pied plusieurs sortes de couverts végétaux.

Le club constitue également un laboratoire au sens où il constitue un lieu d'échanges de connaissances et d'apprentissages pour les agriculteurs qui en sont membres comme pour les conseillers qui les accompagnent. C'est un lieu de production de connaissances sur l'AC, d'expérimentations agronomiques mais aussi d'expérimentation sociale concernant les manières d'accompagner des agriculteurs vers l'AC.

NouriciAgrosol est le laboratoire dans lequel s'inventent et s'expérimentent certains éléments clef de la stratégie commerciale de la coopérative bâtie autour du développement durable. Son projet stratégique est libellé « Nouricia 2013 vendre et produire durable ». En 2007 Nouricia produit son premier rapport développement durable et participe à la fondation de l'Institut de l'Agriculture Durable⁵. Le secrétaire général de Nouricia, à l'occasion de l'AG de 2008 voit « *le développement durable comme une opportunité pour Nouricia et ses adhérents de créer de la valeur et un avantage concurrentiel* » (L'avenir agricole et rural, vendredi 19 décembre 2008). Il s'agit de « Capter la valeur ajoutée » (La revue agricole de l'Aube, 11 décembre 2009).

A partir de 2009, une expérimentation est menée sur 7 exploitations adhérentes : la réalisation d'un éco-diagnostic dont l'objectif est de faire des économies sur les exploitations et de préparer une certification Haute Valeur Environnementale (HVE) des exploitations. L'objectif est de mettre en place, à partir de cet éco-diagnostic, une « *démarche de création de valeur* » proposant un plan d'action accompagné par un conseiller. Une partie des solutions proposées dans le plan d'action sont expérimentées au sein du club. En 2010 deux nouveaux conseillers dits « développement durable » sont recrutés pour prendre en charge ce dossier. Ainsi la coopérative se positionne clairement sur un nouveau créneau qu'est la vente des services « développement durable » aux agriculteurs. Par ce type de démarche, la coopérative se positionne également pour être capable demain d'évaluer les services éco-systémiques rendus par l'agriculture et de les faire rémunérer.

4.1.1.2. Le club : un outil d'enrôlement des scientifiques

Laboratoire et vitrine, le club intéresse. Au-delà des agriculteurs qui viennent toujours nombreux à ces manifestations et des journalistes qui assurent sa publicité, la coopérative cherche à intéresser des scientifiques. Par l'intermédiaire des activités du club, Nouricia a construit plusieurs partenariats avec la recherche :

- expérimentations sur la fertilisation et screening variétal en SD et couverts végétaux avec l'université de Picardie Jules Verne
- sur la maîtrise de la réduction du travail du sol avec le CETIOM dans le cadre du projet CASDAR REDUSOL.
- «sur l'acquisition de références en AC et leur diffusion au plus grand nombre » avec l'INRA et AgroParisTech dans le cadre du projet ANR PEPITES.

C'est dans le cadre de ce dernier partenariat que se situe notre étude de la confrontation des connaissances et des façons de produire des connaissances entre scientifiques et agriculteurs. Les attentes de la coopérative à l'égard de la recherche s'expriment dans le titre même du partenariat : d'abord produire de nouvelles connaissances agronomiques stabilisées sur l'AC (« des références ») puis les « diffuser au plus grand nombre ». Il revient à l'agronomie de produire les références et à la sociologie d'aider à leur diffusion selon la division disciplinaire du travail scientifique qui a prévalu pendant la modernisation agricole.

Les scientifiques sont invités à renforcer la solidité des connaissances produites dans le collectif mais aussi à légitimer et publiciser ce qui est expérimenté dans le club. Les propos du président sont clairs à ce sujet : « *Le club agrosol, ce sont des gens qui cherchent un autre système de production et qui s'intéressent à la vie du sol. [...] On s'oriente maintenant vers des expérimentations et des partenariats. Les références qui existent aujourd'hui sont relativement fausses : 4 ou 5 ans sont nécessaires avant d'avoir un équilibre, les comparaisons ne sont pas possibles si on n'a pas le recul suffisant. Des partenariats comme SYSTERRA [projet ANR PEPITES] pour produire plus et produire mieux, faire savoir aux décideurs qu'il n'y a pas que le bio – il n'y a pas de marché en face, que le non labour est une perspective durable.* » (le président de nouricia, communication personnelle, janvier 2009).

Dans ce dispositif les chercheurs ne sont ni les initiateurs du processus de production de connaissances ni même des « acteurs propriétaires » du dispositif au sens de Peter Checkland, c'est-à-dire des acteurs qui, s'ils quittaient le dispositif le feraient s'écrouler (Checkland, 1998). La

⁵ L'IAD est un institut composé d'associations d'agriculteurs organisées autour du non labour et d'entreprises agro-industrielles dont la démarche est de promouvoir « l'agriculture durable » en particulier auprès des pouvoirs publics. « *Produire plus et mieux* » est au cœur de l'argumentation des porteurs de l'agriculture durable. Cette exigence de production en quantité exclue l'agriculture biologique de l'agriculture durable. L'agriculture de conservation apparaît en revanche comme le modèle d'une agriculture durable (le seul exemple présenté d'ailleurs sur le site de l'IAD - www.institut-agriculture-durable.fr).

recherche est ici associée à une dynamique dont elle n'a en aucun cas la maîtrise, ce qui est très différent du dispositif analysé dans l'opération de recherche 3.

On notera que ce travail d'intéressement des chercheurs à travers la construction de partenariats marque une évolution dans le rapport des « collectifs sans labour » à la science et aux scientifiques. Ces groupes se sont construits hors du giron de la recherche et du développement agricole et revendiquent cette indépendance (Goulet, 2008b) - ce point est plus développé dans l'opération de recherche 1. Ces partenariats augurent d'une période où la collaboration entre recherche et collectifs en AC semble possible.

4.1.2. Production de connaissances au sein du club

4.1.2.1. Un groupe d'échange d'expériences, d'apprentissages et d'expertise collective

Les activités du club sont organisées par un technicien du service agronomie de la coopérative qui a été désigné comme conseiller/animateur principal du club. Les échanges se font à l'occasion de réunions périodiques et d'un voyage d'étude annuel qui permet des visites d'exploitations dans des contextes éloignés. Les réunions sont en général organisées chez un agriculteur identifié par le conseiller pour avoir expérimenté quelque chose ou bien avoir rencontré une difficulté spécifique dans la conduite de ses cultures sans labour. Le conseiller joue un rôle de facilitateur, en sollicitant les expériences de chacun et la réflexion collective. Il cible son conseil sur l'AC et limite autant que possible les interventions individuelles en dehors des activités collectives du club. Lorsqu'un agriculteur l'appelle pour lui soumettre une interrogation ou un problème, il essaie toujours de saisir l'occasion pour organiser une réunion collective autour de la question de cet agriculteur. : « *Ce sont les échanges entre adhérents et avec les intervenants lors des voyages qui font avancer les choses ; ça sort de la pédagogie traditionnelle* » (un agriculteur). « *Les visites permettent de puiser dans les expériences de chacun pour éviter de faire des erreurs* » (un autre agriculteur). La participation des agriculteurs entendue comme échange d'expériences et de connaissances est la clef de voûte du fonctionnement de ce dispositif de conseil dont il est l'animateur.

Pour rendre compte de ces expériences individuelles, le témoignage prime. Il y a une mise en récit qui s'opère et une forte personnalisation de ce récit : c'est une personne nommée et rattachée à une exploitation dans un territoire, qui raconte ce qu'elle a fait et observé. Cela vaut tant pour des présentations orales en assemblée (Goulet, 2013) que dans les articles publiés dans la presse professionnelle comme dans la revue TCS. Les traces écrites, si elles existent (et c'est sûrement le cas pour les agriculteurs qui mènent des essais, ils notent, au moins pour eux, des dates d'interventions dans le champ), restent peu nombreuses. En particulier, il n'y a pas de rédaction de compte-rendu des rencontres entre agriculteurs et techniciens, par exemple des réunions bout de champ, alors même qu'elles apparaissent comme des moments d'apprentissage collectifs (Brives, de Tourdonet, 2010). Au cours de ces réunions, les discussions permettent, par comparaison des expériences, de définir les raisons pour lesquelles « ça marche ou ça marche pas ». Le conseiller s'efforce de ne jamais proposer de solutions toutes prêtes mais invite les agriculteurs à décrire leurs expériences en réponse au problème abordé. En particulier, il suscite l'analyse et la comparaison par le groupe des agriculteurs participants pour « *faire émerger des règles de décision* » (selon ses termes) à partir des succès et des échecs de chacun. Il leur pose des questions sur le contexte qui a mené à chaque succès et chaque échec (conditions pédo-climatiques, nombre, nature et moment des interventions...). Les erreurs jouent un rôle particulièrement important : « *Il ne faut pas avoir peur de parler de ses échecs, ça fait plus avancer que ses réussites* » (un agriculteur). Le conseiller et les agriculteurs cherchent à observer des événements récurrents, des formes de logique de manière à ce que chacun en tire les conclusions appropriées pour sa propre exploitation. Le club devient ainsi un lieu d'expertise collective sur l'AC. De fait, si chacun tire des enseignements de ces discussions, il est difficile d'en tirer des règles générales applicables pour tous puisque les contextes d'action sont différents. Pour autant, la comparaison des essais réalisés chez les uns et les autres, et de leurs résultats, et les discussions collectives amènent chacun à progresser.

La connaissance du sol construite à partir de l'expérience singulière mobilise les sens. De nombreux auteurs l'ont déjà mentionné (Goulet, 2008a ; Baillod *et al.*, 2010 ; Compagnone *et al.*, 2013;). Les agriculteurs se baissent dans les champs pour toucher le sol, ils prennent dans leurs mains des mottes, apprécient le moelleux du sol, ils le hument et repèrent l'odeur d'humus, notent sa couleur (plus sombre qu'un sol labouré). L'un des chercheurs rencontrés, qui est enseignant en agronomie, parle

même de « relation affective » entre les agriculteurs de l'AC et le sol. Etant lui-même issu d'une famille agricole, il a pris au sérieux ce rapport singulier au vivant, que d'autres chercheurs ne perçoivent pas ou méprisent. Pourtant cette manière d'entrer au contact du vivant n'est pas propre aux agriculteurs du mouvement AC. Les travaux de Jocelyne Porcher (2002), et avant elle ceux de Michèle Salmona (1994), ont montré l'attachement affectif que les éleveurs ont à leurs animaux, même dans des élevages de type industriel. Ce rapport affectif au vivant tient aux conditions même d'apprentissage et d'exercice du métier, comme l'avait rapporté P. Pharo (1985). Ce qui est toutefois spécifique aux agriculteurs AC est la manière dont ils revendiquent haut et fort leur approche sensorielle du sol et leur sens de l'observation, le recours à des outils de caractérisation restant limité. Certains tels que la bêche sont utilisés, mais ils restent simples d'utilisation et accessibles à tous. L'importance des sens et celle accordée à l'observation de la faune et des racines explique l'intérêt des agriculteurs pour les réunions bouts de champs : il est important de pouvoir regarder par soi-même un essai donné. C'est pourquoi certains n'hésitent pas à parcourir des distances importantes pour se rendre sur l'exploitation d'un agriculteur considéré comme très innovant. Les connaissances produites ne sont pas génériques, dès lors qu'elles restent, pour partie, rattachés à des contextes précis d'action.

4.1.2.2. L'accompagnement d'un processus d'apprentissage pas à pas et d'exploration de l'incertain

La transition vers des pratiques de conservation des sols présente un risque agronomique et financier important : la gestion des adventices, de la structure du sol et la levée des semis en particulier constituent des difficultés de la pratique de l'AC qui peuvent se traduire par des chutes de rendement. L'agriculture de conservation requiert l'apprentissage de méthodes d'observation fines de l'agro-écosystème et la re-construction de repères nouveaux nécessaires à la gestion de la culture. Jusqu'aux critères d'excellence professionnelle (autour du « champ propre », du meilleur rendement) qui en sont bousculés (Goulet, 2008a). Tous nos entretiens montrent que cette transition ne se fait pas sans difficultés et sans angoisses pour les agriculteurs.

Chaque agriculteur est responsable de l'élaboration de son système de culture et de son itinéraire technique. Il est aussi responsable de tirer des expériences des autres les conclusions appropriées à son propre contexte d'exploitation. « [le technicien] *va lui donner les clefs qui lui permettent de raisonner. C'est ça les règles de décision. Mais après, c'est l'agriculteur qui décidera ... si ça lui convient ou pas, si la règle de décision qu'il utilise lui permet de bien dormir ou pas.* » (le conseiller). L'apprentissage vers les pratiques sans labour est tout autant valorisé que le résultat lui-même : « *même si c'est parfois possible, je ne fais jamais passer quelqu'un du labour au semis direct, sans passer toute l'étape de transition qui pour moi est importante, ne serait-ce qu'en termes d'appropriation de... du raisonnement* » (le conseiller). L'apprentissage de l'AC est vécu au sein du club comme un processus d'essai/erreur conduit pas-à-pas. La compréhension des processus liés au sol se fait dans une transition progressive vers l'AC dont l'horizon, pas toujours souhaité ou même souhaitable, serait le semis sous couvert.

Ce mode d'apprentissage par essai/ erreur et pas-à-pas doit beaucoup à la posture adoptée par le technicien qui anime le groupe. Il énonce très clairement aux membres du club que chacun est responsable de ses choix. Les choix de chaque agriculteur dépendent des risques qu'il est prêt à assumer. L'agriculteur en transition n'est pas rassuré par un conseiller apportant à coup sûr la bonne solution mais rassuré par les expériences multiples témoignées au sein du groupe. Les « convertis à l'AC », conseillers ou agriculteurs, évoquent de manière récurrente dans les entretiens la nécessité « d'y croire » pour assumer le risque lié à la transition. « Y croire » pour l'animateur du club revient à ce que chaque agriculteur croie dans les choix qu'il fait, et soit à l'aise avec leur logique et leur mise en œuvre, que « *chacun trouve les solutions qui lui permettent de dormir la nuit* ». Nous qualifions ce mode d'accompagnement des processus de production de connaissances au sein d'un collectif d'un « accompagnement à la recherche » dans lequel le conseiller amène l'agriculteur dans une posture de recherche des solutions. Conseiller et agriculteurs sont embarqués ensemble dans un processus d'apprentissage. Ce modèle s'oppose à ce que nous avons appelé par ailleurs un « accompagnement assurantiel » dans lequel le conseiller, en position d'expertise, délivre une prescription et endosse le risque lié à la transition (Brives *et al.*, à paraître).

Cette posture d'accompagnement « à la recherche » fonctionne sur la base de l'exploration de solutions nouvelles, incertaines, partielles par les agriculteurs et leur conseiller. Nous empruntons à

Michel Callon la notion de « cadrage/ débordement » pour comprendre les moments de fermeture et d'ouverture du processus de production de connaissances dans le collectif (Callon, 1999). Les débordements sont ces moments de non maîtrise et de non compréhension de la situation provoquée par un événement inattendu ou un élément radicalement nouveau (par exemple l'utilisation d'un nouveau semoir ou bien le comportement inattendu d'un couvert végétal). L'exploration des débordements constitue, dans le cas du club, le moteur de la dynamique collective sur laquelle est construit le dispositif de conseil mis en place par l'animateur. Il encourage les agriculteurs à expérimenter. La dynamique des apprentissages est pensée comme un processus d'essai / erreur où les erreurs sont autant de débordements possibles. Le conseiller encourage également les agriculteurs à aller chercher des connaissances au sein d'autres collectifs pour venir les partager au sein du club (par des lectures, internet, des rencontres, d'autres groupes). Il saisit l'émergence de controverses comme opportunités de débat, d'échange et de production de nouvelles connaissances. Les connaissances scientifiques ont ici la même fonction que les autres formes de connaissances : elles sont partagées, discutées, éventuellement testées par les uns ou les autres et viennent enrichir les répertoires de règles d'action.

Le conseiller est engagé avec les agriculteurs dans ce processus d'apprentissage collectif et de recherche. La production de connaissances est distribuée au sein du groupe. L'exploration des controverses ne met pas en cause son rôle au sein du collectif. Les débordements liés aux comportements agronomiques incertains d'objets tels que des essais de couverts en mélanges originaux constituent des lieux de production de nouvelles connaissances et de formulation de nouvelles questions. En tant qu'animateur du club, le travail du conseiller est de repérer ou d'inciter à la création de ces moments de débordement afin de pouvoir organiser et accompagner leur exploration collective.

4.1.2.3. Des agriculteurs aux compétences inégales

Notre première enquête auprès des membres du club a permis de dégager deux façons pour les agriculteurs d'aborder les situations locales se traduisant par des comportements différenciés au sein du groupe : certains agriculteurs sont prêts à faire des kilomètres pour participer à une réunion du club quand d'autres préfèrent échanger avec les gens de leur secteur. Notre analyse vient renforcer la perception de l'animateur de deux catégories d'agriculteurs : « ceux qui se déplacent et ceux qui ne se déplacent pas ».

La première catégorie (ceux qui se déplacent) recrute plutôt parmi des exploitants qui pratiquent le non labour depuis plus d'une dizaine d'années, membres du club depuis sa création et investis dans d'autres réseaux liés au non labour. Ils valorisent les échanges - « *à deux on est plus intelligent que tout seul* » (un agriculteur), souhaitent voir tous les cas de figure du non labour et s'intéressent aux contextes différents des leurs autant qu'aux situations proches de celle de leur exploitation (« *faut pas avoir peur d'aller voir ce qui se passe ailleurs* », « *faut pas hésiter à aller chercher l'info là où elle est, se renseigner, aller voir, prendre sa voiture* », « *Il peut être dangereux de rester dans son secteur, dans son microcosme* »). Les pratiquants du semis direct, en minorité dans le club, se retrouvent tous dans cette catégorie.

La seconde catégorie (ceux qui ne déplacent pas) rassemble des agriculteurs qui expriment des contraintes techniques souvent liées au contexte pédologique de leur exploitation. Ils cherchent un conseil spécifique pour résoudre leur problème particulier (un matériel adapté, une aide au raisonnement de la rotation etc.). Ils apprécient la dimension collective du club mais souhaitent que ce soit l'opportunité pour eux de rencontrer des agriculteurs confrontés au même problème qu'eux ou mieux, qui y auraient déjà trouvé une solution. Ces exploitants aimeraient avoir plus de voisins engagés comme eux dans le non labour et n'assistent qu'aux réunions dans une zone proche de leur exploitation. Ils justifient de ne pas se déplacer pas loin en argumentant d'un contexte pédoclimatique différent du leur donc des discussions de moindre intérêt pour ce qui les concerne. Globalement, les agriculteurs de cette catégorie sont plutôt demandeurs d'un accompagnement personnalisé, ou en tous cas adapté au contexte pédoclimatique de leur exploitation.

Les agriculteurs sont donc diversement en mesure de faire cet exercice qui consiste à comprendre des processus génériques mobilisables dans des règles d'action à partir de la comparaison de situations locales. Ce processus de décontextualisation permet de produire des connaissances génériques donc transférables dans d'autres situations (recontextualisées) à partir des échanges

autour de situations locales. C'est là un élément essentiel des apprentissages au sein du club. « Ceux qui ne se déplacent pas » sont à la recherche de références agronomiques au sens classique du terme c'est-à-dire de la solution qui marche dans un contexte donné. « Ceux qui se déplacent » sont passés à un autre modèle de construction des connaissances : ils n'attendent pas des « références » pour passer à l'action mais sont capables de prendre des décisions à partir de la compréhension de processus génériques.

L'animateur du club est aujourd'hui interpellé par sa direction pour faire bénéficier d'autres exploitants que les membres du club de ces apprentissages et des connaissances produites dans ces situations. Ce projet rencontre deux difficultés : (i) les connaissances localisées ou génériques produites en « réunion bout de champ » sont exprimées dans des échanges oraux. Pour qu'elles puissent être exportées dans d'autres lieux et à d'autres moments il est nécessaire qu'en produire une trace écrite, « inscription littéraire » plus formalisée qui est rarement produite (Latour, Woolgar, 1988). (ii) les apprentissages que font les membres du groupe ne s'ancrent que par la mise à l'épreuve de connaissances dans la pratique (une recontextualisation de ces connaissances) – « *Un agriculteur qui ne ferait pas, il n'avancerait pas* » (un conseiller).

4.1.2.4. Le rôle de l'expérimentation dans la production de connaissances

Dans un collectif tel que le club, où priment les connaissances issues de la pratique, l'essai, sous toutes ses formes, joue forcément un rôle clef dans les processus de production de connaissances. Tous les agriculteurs essaient des choses sur leurs parcelles mais tous les essais n'ont pas le même degré de formalisation. Nos enquêtes nous ont permis de dégager un gradient de formalisation dans la construction des essais, du simple essai pour « voir si ça marche » jusqu'aux expérimentations dotées d'exigences scientifiques.

- a) Les agriculteurs essaient en permanence de nouvelles façons de faire pour « voir si ça marche ». Ce processus d'essais erreurs est à la base de leurs apprentissages individuels comme de leurs échanges. Certains agriculteurs n'ont pas de pratique plus formalisée des essais : ils mettent en place quelque chose sur une parcelle et ne recommence que s'ils jugent les résultats positifs. La validation de l'expérience se fait selon une modalité « ça marche ou ça ne marche pas ».
- b) Près de la moitié des agriculteurs du club tend aujourd'hui à formaliser les essais qu'ils font chez eux en particulier en laissant une bande témoin. Les animateurs du club tentent de repérer ces situations pour en faire les supports des réunions bout de champ et s'étonnent que les agriculteurs ne partagent pas spontanément ces expériences. Certains agriculteurs mènent des expérimentations en relation avec des organismes professionnels (chambre, instituts techniques ou la coopérative) mais ne sont que rarement impliqués dans la construction de l'expérimentation.
- c) Enfin quelques agriculteurs sont dans une démarche d'expérimentation formalisée, par exemple mise en œuvre de différentes pratiques sur une même parcelle pour comparaison, ou bien mesures d'azote pour quantifier l'influence de couverts. Ce troisième groupe représente un petit quart des membres du club enquêtés. La validation de l'expérience peut se faire dans ces cas par la comparaison avec le témoin, voire par comparaison avec d'autres situations quand une trace écrite d'essais passés a été conservée.
- d) Enfin les animateurs du club conçoivent et proposent des expérimentations qui sont discutées avec les membres du club. Ces expérimentations sont mises en œuvre sur les parcelles d'agriculteurs volontaires. En particulier, une expérimentation sur plusieurs années est mise en place avec l'objectif de quantifier les effets cumulatifs des couverts sur les fournitures du sol en N, P, K. Plus que la compréhension des processus bio-physiques à l'œuvre, le but de cette expérimentation pour le conseiller est de se donner les moyens de chiffrer combien d'unités d'azote apporte un couvert (en fonction des situations). D'après lui, cette évaluation quantitative devrait convaincre les agriculteurs qui ne le font pas encore de mettre en place des couverts. L'expérimentation est ici avant tout pensée pour convaincre de l'intérêt d'une pratique. Si le conseiller souhaite qu'elle serve à démontrer il est plus probable qu'elle serve d'abord à montrer, à donner à voir. Les parcelles expérimentales sont aussi le lieu d'échanges

et de confrontations d'expériences dans le cadre de réunions du club organisées comme des réunions bout de champ.

4.1.2.5. Formaliser et transmettre des connaissances issues de la pratique

Après une dizaine d'années de fonctionnement du club, on repère une évolution des questionnements et de ce qui est considéré comme problématique. Au départ centré sur les questions de travail du sol (en particulier des meilleurs matériels pour diminuer ce travail), les membres du club discutent aujourd'hui beaucoup plus de couverts végétaux et de rotations. L'arsenal chimique de lutte contre les adventices s'est ouvert à des solutions biologiques. Des apprentissages se sont opérés, individuels et collectifs.

La direction de la coopérative demande aujourd'hui au club de faire partager à l'extérieur du club, « au plus grand nombre » les connaissances qui y ont été produites. L'animateur, lui-même pris dans la spirale de l'innovation avec son groupe et enthousiasmé par sa posture de recherche permanente reconnaît avoir du mal à accueillir de nouveaux adhérents et à trouver les moyens d'accompagner leurs apprentissages de débutants.

Une solution envisagée est la rédaction, par l'animateur, de « fiches techniques » répondant à des problèmes qui se posent aux exploitants en non labour. Ces fiches techniques se feraient l'écho des discussions et des échanges oraux lors des réunions bout de champ. Par exemple il imagine une fiche basée sur « comment détruire un couvert végétal ? ». Une difficulté se présente pour la rédaction d'un tel document : il n'y a pas en effet de solution technique évidente à cette question. Plusieurs agriculteurs ont fait des propositions (rouler le couvert, passer un outil à disques...) qui sont toutes discutables sans qu'une d'entre elles puisse être jugée meilleure que les autres.

Plutôt que de penser apporter une règle de décision, il s'agirait de réfléchir comment donner à l'agriculteur les informations nécessaires pour prendre sa décision en connaissance des risques liés à chaque solution imparfaite. Une fiche peut comporter des règles de décision quand c'est possible mais elle peut aussi être un outil d'évaluation des risques liés à des solutions alternatives à d'autres moments. Concrètement pour traiter ce point destruction du couvert, la fiche peut présenter les différentes solutions apportées par les agriculteurs en faisant appel à l'expertise de ces agriculteurs : pourquoi untel préfère –t-il le roulage ? Il nous l'explique dans le contexte de son exploitation. Pourquoi ne croit-il pas au passage d'un outil à disques ? L'idée serait de s'appuyer sur les témoignages de quelques agriculteurs (qui seraient nominativement identifiés). Cette option présente selon nous plusieurs avantages :

- Elle valorise l'expérience vécue des membres du club au sein du groupe et favorise les échanges. Ces prises de position peuvent en effet susciter des controverses qui vont enrichir la gamme des solutions proposées ou préciser certains points (donc faire avancer la connaissance).
- Elle donne à voir l'expertise des membres du club à l'extérieur et les positionne comme des ambassadeurs de la notion d'agriculture durable que la coopérative souhaite promouvoir.
- Elle donne à voir les membres du club comme des agriculteurs détenteurs de connaissances mais surtout comme des personnes qui se posent collectivement beaucoup de questions. Rendre visible cette dynamique interne pourrait attirer de nouveaux membres.

Passer ainsi de la formulation de règles de décision à la formulation de risques liés à des solutions alternatives présente un certain nombre de difficultés que soulignent les conseillers. De nombreux adhérents de la coopérative ne sont pas prêts à se débrouiller seuls avec cette forme de conseil et le risque est grand de voir le nombre de demandes d'intervention individuelle exploser.

La rédaction d'un « guide couverts » édité par la coopérative pour l'ensemble de ses adhérents a fonctionné sur ce principe. Le travail collectif au sein du petit groupe qui a été constitué pour élaborer le guide a consisté à combiner des connaissances produites selon des modalités différentes : les trois étudiants agronomes se sont fait les porte-parole des connaissances scientifiques via un travail bibliographique quand les agriculteurs portaient leurs connaissances pratiques issues de leurs expériences de travail avec des couverts végétaux. Le guide propose plusieurs entrées sur la question des couverts (par espèce, par problème que l'on cherche à résoudre, par processus...) et combine des connaissances scientifiques pour décrire les espèces et les processus en jeu, des connaissances pratiques comme le comportement local des espèces, le réglage des outils selon les types de sols locaux, et des témoignages permettant d'apporter un point de vue sur une question

technique et de retracer des parcours individuels de changement technique (« Au début, il vaut mieux commencer par des mélanges simples pour se faire la main : moi j'ai utilisé... »).

4.2. Le dispositif expérimental de l'ISARA-Lyon

4.2.1. L'organisation du dispositif de production de connaissances

4.2.1.1. La genèse de la recherche sur les sols à l'ISARA

L'ISARA-Lyon (Institut supérieur d'agriculture et d'agroalimentaire Rhône-Alpes) est une école formant des ingénieurs futurs cadres pour les secteurs agricoles et agro-alimentaires. La création de l'école date de 1968. La thématique « travail du sol » y est anciennement forte, associée aux travaux d'un enseignant agronome, Yvan Gautronneau, dont l'expertise est reconnue au plan national. Yvan Gautronneau a participé avec Hubert Manichon à la mise au point du « profil cultural » comme méthode de diagnostic des sols et a contribué au développement qu'a connu cet outil. Il effectue des activités de conseil auprès d'agriculteurs individuels ou en groupe et s'implique dans plusieurs dispositifs expérimentaux construits par des chercheurs en dehors de l'ISARA. Cette expertise confère à l'école une reconnaissance régionale et même nationale dans le milieu de la recherche mais ne sera pas dans un premier temps le support d'une activité de recherche à l'ISARA. Ce n'est qu'à la fin des années 90 que l'ISARA va en effet développer une activité de recherche en réponse aux nouvelles injonctions du ministère de l'agriculture. Les enseignants recrutés à partir de ce moment là seront des enseignants – chercheurs devant remplir des objectifs de publication académique.

La thématique de recherche centrale qui va alors s'imposer dans l'école est celle de l'agriculture biologique. Il s'agit ici d'aider au développement d'une agriculture biologique plus intensive sur des systèmes qui abandonnent la polyculture élevage. Cette orientation rend compte des préoccupations d'un certain nombre d'agriculteurs biologiques en train de se spécialiser et s'inscrit donc dans une démarche finalisée vers la résolution de problèmes techniques en production céréalière. Elle amène à travailler avec des agriculteurs biologiques « moins militants » s'écartant du monde traditionnel de l'AB. L'équipe va être renforcée autour de cette thématique avec la mise en place d'un dispositif dit « d'observation », chez les agriculteurs, des techniques de culture du blé biologique. Cet observatoire des pratiques, impliquant dix-sept agriculteurs et une coopérative du Diois, constituera un réseau sur lequel pourra s'appuyer le futur dispositif de recherche sur le travail du sol. Pour l'heure, le premier dispositif expérimental est mis en place à l'occasion d'une thèse portant sur le raisonnement de la fertilisation azotée en blé biologique. Cette thèse, soutenue en 2004, marque l'entrée de l'école dans la recherche académique.

Deux nouveaux agronomes sont recrutés et avec eux revient en force la thématique travail du sol initiée par les travaux autour du profil cultural. L'objectif est de s'appuyer sur cette expertise reconnue pour inscrire le travail du sol dans une perspective de recherche sur le fonctionnement des sols. Un nouveau dispositif expérimental va être créé.

4.2.1.2. La construction d'un dispositif expérimental sur le travail du sol

Ce nouveau dispositif est bâti sur une double filiation : d'une part en se basant sur les acquis de « l'expertise sol » au sein de l'école et d'autre part, en mobilisant le réseau des agriculteurs biologiques (céréaliers intensifs) construit pour les besoins de la thèse sur la fertilisation azotée. Une enquête est menée auprès de ces agriculteurs pour cerner leurs attentes en termes de connaissances sur le travail du sol. Il ressort de cette enquête un intérêt marqué des agriculteurs vis-à-vis de la simplification des techniques de travail du sol. Ces attentes vont être traduites en termes scientifiques en questions de recherche sur 1) les effets des pratiques de travail du sol sur la structure du sol et sur 2) l'activité lombricienne et microbienne et la population d'adventices en agriculture biologique. Ces thématiques commencent en effet à intéresser les agriculteurs biologiques qui s'interrogent sur la vie de leurs sols. Elles intéressent également les chercheurs car elles sont très innovantes en agriculture biologique et la littérature scientifique sur le sujet est quasi-inexistante.

Après une première recherche bibliographique et des visites sur le terrain auprès d'agriculteurs bios en Europe qui testent la simplification du travail du sol sur leur exploitation, le dispositif est monté en 2004. Il est constitué de deux éléments :

- Un réseau de parcelles agricoles composés de 9 parcelles (*« parce que sur le plan logistique plus n'était pas possible »*) ; 3 dans l'Isère, 3 dans la Drôme, 3 dans l'Ain.
- Un site d'essai plus complet chez un agriculteur avec lequel les chercheurs de l'ISARA entretiennent des relations de longue date, Claude Barbet. L'exploitation de M. Barbet est considérée comme l'archétype de la forme de développement de l'AB visé c'est-à-dire un céréalier intensif en recherche de solutions pour réduire le travail du sol.

Les agriculteurs engagés dans ce dispositif expérimental, ceux qui mettent à disposition des parcelles comme M. Barbet, peuvent être qualifiés d'agriculteurs de la *« deuxième vague de la bio, ceux qui sont entrés après les années 90 suite à des incitations économiques et à la recherche d'un meilleur revenu »*.

Une thèse est mise en route qui va s'appuyer sur ce dispositif et en particulier sur sa partie essai. Elle porte sur l'impact sur les microorganismes du sol de différentes techniques de travail du sol, en particulier le travail du sol réduit sans retournement et le semis direct. Dans la thèse, même s'il est parfois fait référence au terme d'agriculture de conservation, c'est le terme *« travail du sol de conservation »* qui est préféré et utilisé le plus fréquemment. L'objet est bien d'évaluer l'impact de différentes techniques de travail du sol, allant du labour au semis direct sur un compartiment : les microorganismes et leurs activités de minéralisation du carbone et de l'azote. Le profil cultural est ici appréhendé comme un outil d'évaluation des différentes modalités du dispositif expérimental, mais aussi comme un concept dont on teste la capacité à rendre compte de différences dans l'activité microbienne, dans la vie biologique du sol, dans les performances des cultures, etc. Il reste un important objet (intermédiaire) de la relation à la fois avec des chercheurs à l'extérieur de l'ISARA et avec les agriculteurs. C'est d'ailleurs forte de ce dispositif que l'ISARA va s'insérer dans le programme de recherche ANR-PEPITES en y ancrant ses analyses en agronomie et en microbiologie des sols.

Le projet Pepites, qui a démarré en janvier 2009 mais qui a été discuté dès 2008, est perçu par les agronomes de l'école comme une opportunité pour penser de façon plus transversale les thématiques de recherche développées jusqu'alors de façon assez indépendante : la simplification du travail du sol et la gestion de l'azote par les associations de culture. Associer ces deux thématiques permet de penser de façon plus globale, notamment la gestion des adventices qui relève à la fois des techniques de travail du sol, des associations de culture et de la couverture du sol par la végétation. L'agriculture de conservation est ici entendue dans un sens académique comme une reconstruction permettant de poser globalement ces différentes thématiques. Ceci offre une opportunité pour des publications innovantes apportant à l'école une reconnaissance sur la thématique et plus largement sur un des domaines définis comme d'excellence dans l'école : l'agro-écologie.

Avec l'implication de l'équipe dans le projet Pépites, le terme AC apparaît donc et devient légitime, mais ce qui intéresse ce sont les conditions de transfert et d'adaptation à l'AB des techniques de l'AC. L'AC ne constitue pas un modèle d'agriculture auquel les chercheurs se réfèrent comme l'a été et comme le reste l'AB. La référence à l'AC provoque cependant de nombreuses questions dans l'équipe d'agronomes et fait apparaître des visions contrastées entre les nouveaux enseignant-chercheurs et les plus anciens. *« Il y a plein de choses qui me gênent et en plus ce n'est pas notre problématique à nous. C'est une problématique typique de conditions pédoclimatiques fortement érosives d'où l'agriculture de conservation du sol, il faut conserver le sol, ce qui n'est pas notre problème. »* Les controverses portent spécifiquement sur l'usage du terme AC dans les expérimentations : le terme doit-il être employé et notamment avec les agriculteurs ? En effet, les agriculteurs bios insérés dans les dispositifs mis en place l'évoquent rarement. Ils parlent plutôt des différentes techniques de travail du sol, d'associations, de couverture du sol. Comme les agronomes de l'ISARA, la majorité d'entre eux se situent plus dans une logique pragmatique d'emprunts de techniques pour répondre à des problèmes spécifiques que d'adoption d'un modèle d'agriculture.

Un tel dispositif d'expérimentation est très différent du club lié à une coopérative - examiné dans l'opération 2. Le dispositif ISARA est construit par des chercheurs, pour les besoins de leurs recherches. Ce sont eux qui tiennent le dispositif, qui le font vivre et qui ont travaillé à intéresser d'une part des chercheurs agronomes et d'autre part des céréaliers bios via notamment la construction de l'enquête sur le travail du sol. Le dispositif cherche aussi dès le départ à intéresser les acteurs locaux du développement agricole en tant qu'acteurs pouvant traduire les connaissances issues de la recherche pour intéresser des agriculteurs. Un partenariat est construit avec la majorité des conseillers en AB des départements dans lesquels s'installe le dispositif : chambres d'agriculture de la Drôme et de l'Isère et les groupements de producteurs bio (ADABIO, association pour le

développement de l'agriculture biologique). A la différence du club porté par une coopérative, ce ne sont pas ici les structures de développement, en tant qu'intermédiaires, qui chercheraient à mobiliser la recherche et des agriculteurs. Ce sont les chercheurs qui, en s'appuyant sur leur dispositif expérimental, produisent des connaissances académiques mais qui dans le même temps cherchent à promouvoir leur modèle d'intensification de l'agriculture biologique. En revanche la question de l'accompagnement des agriculteurs ne se pose pas dans les termes d'une relation directe entre agriculteurs et chercheurs.

4.2.2. Production de connaissances au sein du dispositif ISARA

4.2.2.1. Agriculteurs - chercheurs, des relations contractualisées

L'ISARA établit des conventions avec chacun des agriculteurs mettant des parcelles à disposition de l'expérimentation. Ces contrats fixent le montant de l'indemnité financière versée aux exploitants en dédommagement du temps supplémentaire investi sur la culture et aux baisses de rendement. Ils fixent également les obligations des chercheurs comme des agriculteurs. Ces derniers s'engagent à noter leurs interventions, à prévenir les chercheurs en cas de changement et à attendre les prélèvements des chercheurs avant de récolter. Les chercheurs en retour s'engagent à fournir les résultats de leurs travaux et à consulter les agriculteurs pour faire leurs choix expérimentaux.

Ainsi sont organisées des rencontres avec chaque agriculteur pour discuter la mise en place de l'expérimentation. Même si la recherche reste pilote des expérimentations, les interrogations des agriculteurs, mais aussi leurs pratiques, peuvent modifier le cours des expérimentations car les agriculteurs gardent une certaine liberté d'action sur leur parcelle et une grande liberté d'échange avec les chercheurs. L'objectif de ces expérimentations est de coller au plus près de la réalité du champ agricole en essayant d'impacter au minimum le système existant : *« On s'accorde sur les techniques de travail du sol et sur les niveaux d'azote. On a regardé leur système et on a vu ce qu'on pouvait leur demander »*. En d'autres termes le rôle des agriculteurs est de prêter une parcelle, de réaliser les interventions prévues par les chercheurs et parfois de s'en écarter. Ils sont régulièrement invités à échanger et discuter sur les résultats acquis. Ces moments, dans une exploitation du réseau, sont riches. Ils s'appuient à la fois sur des présentations discussions à partir des travaux des chercheurs mais aussi sur une visite de l'exploitation et du matériel guidée par l'agriculteur. Les agriculteurs apprécient ce contrat où ils sont principalement des « techniciens » d'expérimentation. Une mention particulière doit être faite concernant l'agriculteur accueillant sur son exploitation le site dit « d'essai ». Dans le cas de Claude Barbet la convention signée avec l'ISARA est beaucoup plus détaillée et le niveau de rémunération est en conséquence. *« Chez Claude on impacte beaucoup. »* Autant les chercheurs sont dans ce cas exigeants sur ce qu'ils souhaitent tester, autant de l'autre côté cet agriculteur participe à toutes les discussions avec les chercheurs, aux choix techniques, aux adaptations du dispositif en fonction de l'année. Il est acteur des choix, se fait porte-parole des contraintes de la pratique face aux exigences expérimentales et attache une grande importance à la recherche d'un compromis acceptable par tous. Il est engagé également dans la réflexion sur l'évolution du dispositif expérimental et insiste tout particulièrement sur l'importance de bien choisir les matériels, en particulier le semoir direct, pour espérer avoir des résultats intéressants. *« Claude est comme un technicien d'expérimentation mais en plus chez lui donc il fait bien les choses. »*

Il faut noter que ce dispositif d'étude du travail du sol s'appuie sur des relations de long terme entre les chercheurs et les agriculteurs. Ces relations sont anciennes et institutionnalisées sous la forme de contrats mais aussi entretenue par une présence régulière des chercheurs sur les parcelles. Les journées de restitution sont organisées de façon régulière dans un objectif de restitution des résultats produits, elles associent à ce titre les conseillers bio impliqués dans les programmes. Elles jouent un rôle important dans la stabilisation des connaissances mais aussi des relations avec les agriculteurs. Elles sont aussi le lieu de controverses, de discussions voire de critiques (notamment des agriculteurs par rapport aux essais des chercheurs mais aussi par rapport aux résultats obtenus) susceptibles de produire des connaissances tant dans le champ que la pratique que dans le champ de l'académisme. Ces questionnements croisés intéressent les agriculteurs qui restent fidèles au dispositif. *« Les agriculteurs ont un intérêt une envie... les dispositifs les remettent en question, les obligent à se poser de nouvelles question, à regarder les choses autrement, les font évoluer... »* (un chercheur isara).

Si le dispositif de production de connaissances est bien organisé par la recherche, les agronomes soulignent cependant l'intérêt de situer les expérimentations chez des agriculteurs et non en centre

d'essais. L'expertise des agriculteurs joue en effet un rôle à deux niveaux dans ces expérimentations. Les chercheurs comptent d'abord sur les compétences de technicien de leurs partenaires agriculteurs, leur capacité à « conduire au mieux » un système de cultures en conditions réelles c'est-à-dire prendre les bonnes décisions d'intervention et mener à bien ces interventions. Dans le cas de l'essai chez M. Barbet, les chercheurs mobilisent en plus la capacité qu'a ce dernier à faire des propositions sur la construction et la conduite de l'expérimentation à partir de son expérience de praticien de céréalier bio dans un modèle intensif.

La participation d'agriculteurs aux dispositifs de recherche est une question qui a été discutée dans le programme Pépites mais également au sein d'autres réseaux auxquels participent les agronomes de l'ISARA (en particulier le réseau mixte thématique « systèmes de culture innovants »⁶ qui incite à la mise en place de nouveaux modes d'expérimentation co-construits avec des agriculteurs et à l'expérimentation « système »). Les agronomes situent la problématique du non-labour dans cette logique d'expérimentation-système c'est-à-dire que le travail du sol ne peut être étudié de manière séparée des autres éléments du système de culture. C'est l'ensemble du système en co-évolution qui doit donc être conçu et évalué. Pour avancer sur ces questions un nouveau dispositif expérimental est mis sur pied à l'occasion d'une thèse⁷ financée par l'ADEME (agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie).

4.2.2.2. Expérimenter de nouvelles manières de produire des connaissances sur les sols

L'objectif de ce nouveau dispositif expérimental est d'accompagner les agriculteurs dans la conception de prototypes de systèmes de culture innovants. Un prototype de système de culture repose sur un ordonnancement cohérent de plusieurs éléments-clés (choix des cultures et de leur ordre de succession, itinéraires techniques et règles de décisions planifiées) pour atteindre les objectifs recherchés dans un cadre donné de contraintes. Le défi de cette entreprise est d'associer la conception *de novo* afin d'explorer des pratiques en rupture avec ce qui est mis en œuvre actuellement par les agriculteurs et de faire participer ces derniers à la phase de conception. Cette démarche s'est déroulée sur quinze mois et peut être présentée en plusieurs grandes phases (Lefevre *et al.*, 2013) :

- Une phase d'intéressement et d'enrôlement des agriculteurs. Il s'agit de trouver une diversité d'agriculteurs biologiques intéressés par les thématiques de préservation des sols. Des agriculteurs sont contactés par téléphone, une brochure explicative leur est envoyée puis une rencontre en face-à-face est organisée pour discuter de vive voix sur le projet. Ensuite une réunion a été organisée avec les agriculteurs intéressés afin de fixer les modalités du partenariat entre agriculteurs et chercheurs (rôles de chacun, planning de travail, périodes disponibles...) et de construire la cohésion du groupe.
- Une première phase de conception a pu ensuite débiter. Elle s'est déroulée en trois temps : 1) la définition collective des objectifs assignés aux systèmes de culture que l'on veut concevoir, 2) la conception de ces systèmes sous forme de prototypes et 3) une évaluation collective des premiers prototypes ainsi conçus.
- Une phase de recours à des expertises extérieures au groupe afin de trouver des réponses aux questions posées et aux contraintes techniques identifiées lors de l'étape précédente. Deux types d'experts ont été mobilisés : d'une part les chercheurs pour produire un état de l'art basé sur une analyse bibliographique scientifique internationale et l'analyse de données expérimentales en France et d'autre part des agriculteurs biologiques considérés, par leurs pairs ou par des conseillers, comme des pionniers dans les techniques de conservation des sols pour faire des retours d'expériences.

⁶ Le RMT « systèmes de culture innovants » est soutenu par le ministère de l'agriculture, et rassemble des organismes de développement agricole, des laboratoires de l'INRA et des lycées agricoles afin de mettre au point « des systèmes de culture innovants permettant de répondre aux enjeux locaux et globaux du développement durable en vue de leur mise en œuvre dans les exploitations agricoles et sur les territoires » (cf site internet <http://www.systemesdecultureinnovants.org/moodle/>).

⁷ Cf. Vincent LEFEVRE, Conception de systèmes de culture innovants pour améliorer le fonctionnement des sols en agriculture biologique, thèse de Doctorat en Agronomie, AgroParisTech, sous la direction de Jean Roger-Estrade, le 24 octobre 2013.

- Une seconde phase de conception durant laquelle sont produits d'abord collectivement de nouveaux prototypes adaptés aux conditions pédo-climatiques locales puis individuellement des prototypes adaptés à chaque contexte d'exploitation. L'objectif était ici d'obtenir des prototypes aboutis qui soient très détaillés, incluant l'ensemble des modalités techniques et des règles de décisions. Enfin l'évaluation des prototypes finaux au regard des objectifs définis a été menée à l'aide d'un outil d'analyse multicritères (MASC 2.0⁸). Les résultats de l'évaluation ont été présentés aux agriculteurs, ce qui a conduit à revoir les prototypes pour corriger des effets mis en évidence par le modèle et de discuter des points en suspens qui nécessiteraient une évaluation sur le terrain.

A l'issue de ce processus collectif qui a mobilisé trois agronomes et un spécialiste de la méthode MASC, ainsi que deux groupes d'agriculteurs composés respectivement de sept personnes en Auvergne et de six en Rhône-Alpes, il était prévu de mettre en essai les prototypes retenus. Cette nouvelle étape est pour l'instant en suspens à la demande des agriculteurs qui ont exprimé le « besoin de souffler », « de digérer », de s'approprier la profusion de nouveautés explorée dans ce dispositif.

La conception de cette « expérimentation système » s'appuie sur un travail de co-conception avec les agriculteurs. Elle repose sur l'expérience et les savoir-faire acquis par des agriculteurs utilisant en AB des techniques de l'AC. Un groupe d'agriculteurs participe à la définition des modalités à tester dans l'expérimentation système. Nous ne sommes plus dans la situation passée où seules les connaissances scientifiques issues de l'expérimentation étaient discutées mais dans une situation nouvelle où différents types de connaissances sont inventoriés, rendus explicites et mis en perspective : connaissances empiriques et savoir-faire, connaissance scientifiques.

Les prototypes ont été élaborés par l'agencement de connaissances des uns et des autres, de natures différentes parce que construites selon des processus différents (Latour, 1991). Dans sa thèse, Vincent Lefevre a distingué trois types de connaissances différents qui sont apparus lors des échanges dans les ateliers de conception :

- Des connaissances « empiriques » établies correspondant aux connaissances qui sont construites dans l'action par les agriculteurs. En règle générale, ces connaissances recouvrent des domaines variés tels que le choix des cultures, l'élaboration des successions culturales, le pilotage d'interventions culturales « classiques » (déchaumage, désherbage mécanique, densité et date de semis, fertilisation...), et les caractéristiques locales des agriculteurs (filère, matériel, pédoclimat).
- Des connaissances établies par le monde scientifique. Dans la démarche de conception, ces connaissances ont été majoritairement apportées par les chercheurs. Ces connaissances font référence à leurs activités de recherche ou à la littérature scientifique. Elles peuvent être mobilisées également par des agriculteurs, en particulier pour expliquer ou justifier ce qu'ils font en liant leur pratique à un processus biophysique (comme la dynamique de l'azote ou la gestion des adventices) : « *là je mets un couvert de légumineuses pour apporter l'azote dans le sol avant ma prochaine céréale* » (Lefevre, 2013).
- Des connaissances qualifiées d'exploratoires. Celles-ci ne sont pas encore parfaitement validées par les chercheurs ou par les agriculteurs. Elles sont référées à des sources exogènes telles que des lectures (journal, revue, internet), des échanges avec leurs voisins, leurs conseillers, des visites ou des forums internet. Ces connaissances sont énoncées dans les discours des agriculteurs à travers un vocable faisant référence à l'origine de l'information. D'autres connaissances exploratoires présentent un niveau d'incertitude plus formulées sous forme d'hypothèses, ce qui se traduit par l'usage du conditionnel : « *Dans l'idée, je garderais un couvert vivant sur 5 ans pour maîtriser les vivaces sur le long terme et fixer l'azote* » (Lefevre, 2013). Les chercheurs énoncent aussi des connaissances exploratoires. Ces connaissances correspondent à des fronts de recherche ou bien elles font référence à des expériences d'agriculteurs pionniers sur les techniques culturales sans labour et les couverts végétaux. Ces connaissances recouvrent par exemple des domaines relatifs aux nouvelles

⁸ L'outil d'évaluation multicritères MASC (Multi-attribute Assessment of the Sustainability of Cropping systems) a été développé par des agronomes de l'INRA et d'AgroParisTech, à destination des acteurs de la recherche et du développement. Il propose une structuration des critères de la durabilité pour les systèmes de grandes cultures (Craheix *et al.*, 2012).

combinaisons de techniques (semis direct, strip-till, couverts permanents...), aux processus biogéochimiques dans le sol et à leurs fonctions précises, aux interactions entre pratiques culturales innovantes et leurs conséquences agronomiques et socio-économiques.

4.3. Les agriculteurs de l'AC face aux experts du sol. Comparaison entre les deux collectifs étudiés

4.3.1. 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).

4.3.2. 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. Une seule fois, il y a été fait référence au cours d'une assemblée générale de la coopérative, les dirigeants affirmant qu'il serait à l'avenir nécessaire de rémunérer les agriculteurs pour les services qu'ils rendent à la nature. Mais cette déclaration n'a pas soulevé de débats. 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 sera certainement adoptée par l'Union Européenne lors des prochaines négociations de la politique agricole commune, et qui conditionnera donc les nouvelles 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).

5. Conclusion générale

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, dans la mesure où ils considèrent que celles-ci ne s'appliquent pas partout. A leurs yeux, le caractère opérationnel d'un savoir prime sur sa portée générique à leurs yeux. 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.

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. Côté 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 débattue avec toutes les parties prenantes, dans le cadre de démarches de concertation.

Références bibliographiques

- Andriamahefazafy A., Bidaud C., Méral P., Serpantié G., Toillier A., 2012. L'introduction de la notion de service environnemental et écosystémique à Madagascar. *VertigO* 12(3)
- Barnaud C., Antona M., Marzin J., 2011. Vers une mise en débat des incertitudes associées à la notion de service écosystémique. *VertigO* 11(1) / mis en ligne le 09 mai 2011, consulté le 29 avril 2014. URL : <http://vertigo.revues.org/10905>
- Baillet A., Fruchaud G., Hatier J., MacDowall C., Marin A., Passard A., Voisin M., 2010. *Indicateurs de la qualité des sols*. Rapport d'enquête, Projet PEPITES.
- Bonnal P., Bonin M., Aznar O., 2012. Les évolutions inversées de la multifonctionnalité de l'agriculture et des services environnementaux. *VertigO* 12(3).
- Boulaine J., 1997. Histoire abrégée de la Science des Sols. *Etude et Gestion des Sols* 4(2) : 141-151.
- Brives, H., de Tourdonnet S. (2010). *Comment exporter des connaissances locales? Une expérience de recherche-intervention auprès d'un club engagé dans les techniques sans labour* ISDA International Symposium. Montpellier.
- Brives H., Rioussat P., de Tourdonnet S., 2012. *Conservation agriculture is shaped through advisory schemes*. Colloque IFSA, 2-4 juillet 2012, Aarhus, Danemark.
- Brives, H., Rioussat P., de Tourdonnet S., 2014. Quelles modalités de conseil pour l'accompagnement vers des pratiques agricoles plus écologiques? Le cas de l'agriculture de conservation. In F. Goulet, C. Compagnone et P. Labarthe. *Conseil privé en agriculture*. Paris, QUAE.
- Callon M., 1999. La sociologie peut-elle enrichir l'analyse économique des externalités ? Petit essai sur le cadrage-débordement. In D. Foray & J. Mairesse (dir.), *Innovations et performances. Approches interdisciplinaires*. Paris, Éditions de l'EHESS, 399-431.
- Callon M., Lascoumes P. et Barthe Y., 2001. *Agir dans un monde incertain*. Essai sur la démocratie technique. Paris, le Seuil.
- Checkland P., 1998. *Information, Systems and Information Systems*, Wiley (with Sue Holwell)
- Compagnone C., 2004. Agriculture raisonnée et dynamique de changement en viticulture bourguignonne. *Recherches Sociologiques* 3, 103-121
- Compagnone C., 2014. Les viticulteurs bourguignons et le respect de l'environnement. *Revue française de sociologie* 55, 2, 319-358
- Compagnone C., Sigwalt A., Pribetich J., 2013. Les sols dans la tête. Pratiques et conceptions des sols d'agriculteurs vendéens. *Etude et Gestion des Sols* 20(2), 81-95
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Craheix, D., Angevin, F., Bergez, J.-E., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., Reau, R., Doré, T., 2012. MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques*, 20, 35-48.
- Darré J.-P., 1994. *Pairs et experts dans l'agriculture. Dialogues et production de connaissances pour l'action*. Ramonville Saint-Agne, Erès.
- Dominati E., Patterson M., Mackay A., 2010. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics* 69 : 1858-1868.
- Froger G., Méral P., Le Coq J.-F., Aznar O., Boisvert V., Caron A., Antona M., 2012 « Regards croisés de l'économie sur les services écosystémiques et environnementaux. » *Vertigo* 12(3)
- Goulet F., 2008a. L'innovation par retrait : reconfiguration des collectifs sociotechniques et de la nature dans le développement des techniques culturelles sans labour. Thèse de sociologie. Grenoble, université Pierre Mendès France.
- Goulet F., 2008b. Des tensions épistémiques et professionnelles en agriculture. Dynamiques autour des techniques sans labour et de leur évaluation environnementale. *Revue d'Anthropologie des Connaissances* 2, 2(2), 291-310.
- Goulet F., 2013. Mettre en récits et partager l'expérience. Éléments pour l'étude des savoirs dans des collectifs professionnels. *Revue d'anthropologie des connaissances* 7, 22, 501-524.
- Granjou C., Peerbaye A., 2011. Sciences et collectifs. *Terrains & travaux* 18, 5-18.
- Hennion A., 1993. L'histoire de l'art : leçons sur la médiation. *Réseaux* 11(60), 9-38.
- Joly N., 2004. Ecrire l'événement : le travail agricole mis en mémoire. *Sociologie du travail*, 46, 4, 511-527.
- Latour B., 1991. *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*. Paris, La Découverte.

- Latour B., Woolgar S., 1988. *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*. Paris, la Découverte.
- Le Coq F., Pesche D., Legrand T., Froger G., Saenz Segura F., 2012. La mise en politique des services environnementaux : la genèse du Programme de paiements pour services environnementaux au Costa Rica. *Vertigo* 12(3).
- Lefevre V., 2013. *Conception de systèmes de culture innovants pour améliorer le fonctionnement des sols en agriculture biologique*. Mémoire pour l'obtention du doctorat d'agronomie, AgroParisTech.
- Lefevre V., Capitaine M., Peigné J., Roger-Estrade J. 2013. Conception et évaluation ex ante de systèmes de culture innovants pour améliorer le fonctionnement des sols en agriculture biologique *Innovations Agronomiques* 32, 47-60
- Lémery B., 1994. Une position d'expert incertaine : les conseillers techniques en agriculture. In JP Darré (dir.). *Pairs et experts en agriculture. Dialogues et production de connaissances pour l'action*. Toulouse, éditions Erès, 90-116.
- Maris V., 2014. *Nature à vendre. Les limites des services écosystémiques*. Paris, QUAE, collections Sciences en question.
- Méral P., 2012. Le concept de service écosystémique en économie : origine et tendances récentes. *Natures Sciences Sociétés* 20 : 3-15.
- Millenium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being : Synthesis*. Washington (DC), Island Press.
- Pharo P., 1985. *Savoirs paysans et ordre social. L'apprentissage du métier d'agriculteur*. Collection des études. Paris, CEREQ.
- Porcher J., 2002. Bien-être et souffrance en élevage : conditions de vie au travail des hommes et des animaux. *Sociologie du travail* 45(1), 27-43.
- Robinson D.A., Lebron I., Vereecken H., 2009. On the definition of the natural capital of soils: a framework for description, evaluation and monitoring. *Soil Science Society of America Journal* 73(6), 1904-1911.
- Salmona M., 1994. *Les paysans français : Le travail, les métiers, la transmission des savoirs*. Paris, L'Harmattan.
- Tancoigne E., 2014. Les services écosystémiques dans la littérature scientifique : démarche d'exploration et résultats d'analyse. *Rapport d'étude INRA*.

Annexe : Textes des publications

➤ Publications scientifiques parues

Communications scientifiques dans des colloques et journées d'étude :

Cardona A., 2012. L'introduction de la notion de « service écosystémique » : pour un nouveau regard sur le sol ? *Communication aux journées de recherches en sciences sociales*, Société Française d'Economie rurale, Toulouse, 13-14 décembre 2012.

Hellec F., 2013. Etudier la vie du sol : affaire d'agriculteurs, affaire de scientifiques. *Communication au séminaire du laboratoire RITME*, Ivry-sur-Seine, le 6 décembre 2013.

Hellec F., 2014. Les services écosystémiques des sols agricoles: l'apparition d'une nouvelle notion dans le champ des sciences du sol. *Communication au séminaire du laboratoire ASTER*, Mirecourt, 24 avril 2014.

Mémoires universitaires :

Mémoire Master Agroecology ISARA : Aliette BAILLOD, Guillemette FRUCHAUD, Jules HATIER, Colombar MAC DOWALL, Antoine MARIN, Arnaud PASSARD, Mélanie VOISIN, *Indicateurs de la Qualité des Sols*, 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.

➤ Publications scientifiques prévues

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, Patricia Garnier, Joséphine Peigné, Sylvie Recous, Stéphane de Tourdonnet, Jean-François Vian

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.

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