



HAL
open science

Stimuler la conception distribuée de systèmes agroécologiques par l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs

Chloé Salembier

► To cite this version:

Chloé Salembier. Stimuler la conception distribuée de systèmes agroécologiques par l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs. Agronomie. Université Paris Saclay (COMUE), 2019. Français. ⟨NNT : 2019SACLA009⟩. ⟨tel-02305973⟩

HAL Id: tel-02305973

<https://theses.hal.science/tel-02305973v1>

Submitted on 4 Oct 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Stimuler la conception distribuée de systèmes agroécologiques par l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs

Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay
préparée à AgroParisTech

École doctorale n°581 : agriculture, alimentation, biologie,
environnement et santé (ABIES)

Spécialité de doctorat: Sciences Agronomiques

Thèse présentée et soutenue à Paris, le 13 Mai 2019, par

Chloé Salembier

Composition du Jury :

Thierry Doré Professeur, AgroParisTech (SIAFEE)	Président du jury
Michel Duru Directeur de recherche, INRA (AGIR)	Rapporteur
Sylvain Lenfle Professeur, CNAM (Lirsa)	Rapporteur
Marion Casagrande Ingénieur, ITAB	Examinatrice
Christian Huyghe Directeur de recherche, INRA (Collège de direction)	Examineur
Julie Labatut Chargée de recherche, INRA (AGIR)	Examinatrice
Benoît Weil Professeur, MinesParisTech (CGS I3)	Co-encadrant
Jean-Marc Meynard Directeur de recherche, INRA (SAD-APT)	Directeur de thèse

Avant-propos

Cette thèse a été co-encadrée par Jean-Marc Meynard (SAD-APT, INRA), Blanche Segrestin (CGS, MinesParisTech) et Benoît Weil (CGS, MinesParisTech).

Nous remercions le département Sciences pour l'Action et le Développement (SAD) de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) d'avoir permis la réalisation de cette recherche en la finançant.

Remerciements

Mes premiers mots, débordants de reconnaissance, sont pour Jean-Marc Meynard, qui m'a guidée, encouragée, formée, fait rire au long de ces 3 années de thèse. J'ai considérablement appris à ses côtés et je lui dois ma découverte et mon appétit pour la recherche depuis notre première 'traque' dans la Pampa Argentine. Cette thèse doit beaucoup à ses intuitions et elle prend racine à l'interface de deux champs scientifiques qu'il a impulsés et défendus en agronomie, et qu'il m'a offert le bonheur d'explorer ! Un grand merci, Jean-Marc, pour ton accompagnement au long de ce travail, propice à l'épanouissement personnel, à l'exploration, rassurant aussi, toujours positif. Je te remercie d'avoir sans cesse cherché à me transmettre rigueur, confiance en ses intuitions, humilité sur ce que l'on produit en recherche, et de m'avoir offert à découvrir et à aimer différentes facettes de l'agronomie. S'il y eut de bons moments au cours de cette thèse, nos débats sur ce travail, emprunts d'enthousiasme, souvent très animés, resteront pour moi très marquants de ces 3 années !

C'est ensuite à Blanche Segrestin et Benoît Weil que j'adresse mes remerciements les plus chaleureux pour m'avoir aussi accompagnée, avec Jean-Marc, dans ce travail. Toujours avec enthousiasme, vous avez impulsé de nouvelles directions, au long de cette recherche, qui ont contribué à construire son originalité. Je vous remercie, en particulier, de m'avoir aidée à faire 'un pas de côté', en m'invitant à prendre du recul sur mon propre ancrage disciplinaire : en m'initiant aux sciences de gestion, vous m'avez permis de découvrir, d'un autre point de vue, l'agronomie. Je mesure aujourd'hui la richesse de ce double enseignement et je vous en remercie chaleureusement, de nouveau.

Jean-Marc, Blanche, Benoît : Un grand merci aussi de m'avoir offert la chance d'évoluer dans des univers de recherche différents et à l'interface de deux disciplines. J'ai pris un immense plaisir et j'ai beaucoup appris en naviguant entre l'équipe Concept, l'UMR Sadapt, le CGS, Ideas... Enfin, si, comme me le prédisait Jean-Marc il y a 3 ans, une thèse ouvre plus de questions qu'elle n'en clôt, j'espère que nous aurons encore l'occasion d'en explorer quelques-unes ensemble !

Je souhaite maintenant remercier Marion Casagrande, Thierry Doré, Christian Huyghe, Julie Labatut, Michel Duru et Sylvain Lenfle que j'ai eu le privilège d'avoir comme examinateurs.trices et rapporteurs de ce travail. Je vous remercie de nous avoir fait partager votre intérêt pour cette recherche au moment de la soutenance et pour la richesse des discussions que vous m'avez offertes à cette occasion.

Chacun des comités de pilotage de cette thèse fut une source de questionnement, de prise de recul, et je remercie Elsa Berthet, Marie-Hélène Jeuffroy, Mireille Navarrete et Marc Bardinal d'avoir contribué, avec mes encadrants, à faire de chaque comité un espace stimulant pour les avancées de ce travail.

Cette thèse a aussi bénéficié de riches discussions avec de nombreuses autres personnes. En particulier, je tiens à remercier Marie-Hélène Jeuffroy, Elsa Berthet, Lorène Prost, Marianne Cerf, Sophie Hooge et Kevin Levillain ; pour les échanges que nous avons eus à différents moments de cette recherche, qui ont contribué à éveiller ma curiosité, à affirmer mes sensibilités, à m'ouvrir de nouvelles perspectives... et vos retours critiques sur ce travail ont chaque fois été très stimulants !

Mon initiation à la recherche doit aussi beaucoup aux animations / formations doctorales dans lesquelles j'ai eu la chance d'être impliquée. En particulier, je tiens à remercier : Mourad Hannachi, Pierre Labarthe et Romain Melot, pour Sadapt ; Blanche Segrestin et Franck Aggeri au CGS et, toute l'équipe du département Sad engagée dans l'organisation des Journées des Doctorants ; je garde de très riches souvenirs des 3 sessions sous votre accompagnement bienveillant à St Martin de Londres.

J'ai pu faire l'expérience et prendre goût à l'enseignement grâce aux invitations et à la confiance que m'ont accordée plusieurs enseignants, que je souhaite remercier ici : Philippe Lescoat, Marianne Le Bail, Alexandra Julien, Antoine Gardarin à l'AgroParisTech ; Sophie Hooge et Kevin Levillain à MinesParisTech ; ainsi que l'équipe enseignante de l'Istom, où je reviens toujours avec beaucoup de joie. Une pensée particulière pour Marc Oswald, chacune de nos discussions a aussi contribué à animer mes réflexions sur l'innovation en agriculture, notamment en les teignant des enjeux des 'pays du Sud' !

Une pensée émue aussi pour l'équipe de l'unité expérimentale de l'INRA d'Alénia, qui a profondément marquée mon parcours : Amélie, Jean-Claude, Claire, Jean-Pierre, Thierry S., Pascale, Michaël, Benoît, José, Laure, Benjamin, Robert, Conchite, Andréa, Jean-Louis, Thierry M., Georges, Cindy, Muriel.

Je tiens à remercier vivement Florence Barré, Morgane Le Moigno et Véronique Latte ainsi que l'équipe administrative et de direction de l'école doctorale Abies pour leur appui dans la gestion logistique et administrative de cette thèse.

Ce travail s'appuie sur les témoignages de personnes qui s'engagent aujourd'hui pour, chacun à leur manière, inventer de nouvelles façons d'accompagner des agriculteurs dans le changement. Je les remercie chaleureusement de m'avoir fait partager leurs activités que j'ai pris beaucoup de plaisir à découvrir. Nos échanges ont donné un sens très précieux à mon travail. Je remercie : Jean-Yves Porhiel, Marie-Hélène Jeuffroy, Marie-Sophie Petit, Claire Cros, Raymond Reau, Nicolas Sinoir, Aïcha Ronceux, Joseph Templier, Marine Gimaret, Vincent Bratzlawsky, Elise Favrelière, Audrey Petit, Leaticia le Breton, Amélie Lefèvre, Stéphane Cadoux, Sébastien André, Martin Lechenet, Camille Noilhan. Un mot particulier pour Elise Favrelière et Aïcha Ronceux, avec qui j'ai collaboré de manière plus rapprochée, durant 2 ans, avec qui j'ai découvert 'en pratique' la recherche intervention, le monde des vivaces et avec qui j'ai eu un grand plaisir à co-encadrer le stage de Florent Rodot.

Aussi, j'ai été guidée dans l'histoire de l'agronomie, au début de cette thèse, par Pierre Morlon, Fabien Knittel, Jean Boiffin, François Papy et Paul Robin. Je les remercie pour le temps qu'ils ont chacun consacré à ce travail, pour leurs éclairages et pour l'engouement dont ils ont fait preuve pour m'introduire des franges d'histoire de l'agronomie.

Entre débats, moments de détente et de soutien, c'est aussi entourée de doctorants d'horizons variés que je me suis épanouie et évadée durant ces trois années – je remercie vivement les doctorants de mes 'promotions' au CGS, à Sadapt, au Sad. Avec une pensée particulière pour le groupe des 'anciens du SAD' ; pour Véronique, Antoine, Sarah pour les chouettes pérégrinations parisiennes. Et, un immense merci à Sarah et Sophie, je suis profondément heureuse que cette thèse m'ait offert de les rencontrer.

C'est à Grignon que j'ai passé la majeure partie de mon temps et je remercie l'ensemble des collègues avec qui j'ai eu le plaisir de partager discussions en coin de couloir ou réunion, déjeuners, cafés, moments festifs : Brigitte, Sophie, Aurélie, Catherine P., Aude, François, Marianne, Philippe L., Catherine C., Philippe M., Elsa, Lorène, Véronique L., Alain, Anne, Véronique S., Mourad, Solène ; et mes co-bureaux successifs : Pierre-Yves, Elisa, Meredith, Quentin. Une pensée particulière pour Lucie et sa joie de vivre : je lui dois la mise en page de ce manuscrit. Et, pour Cyrille et Elodie, avec qui Grignon n'a été que le lieu d'initier de bons moments ensemble, qui se perpétuent bien au-delà aujourd'hui.

Enfin, je tiens à remercier :

Mon équipe de basket de l'ASMC, qui a ponctué ma dernière année de thèse de bouffées d'oxygène, de décharges d'adrénaline et de mémorables moments de partage.

Mes proches : amis, semés à travers la France, et, bien sûr, ma famille, au combien précieuse, au combien présente.

Et, François, avec qui j'ai le bonheur de quotidiennement partager nos vies, et qui ne cesse d'inspirer mes projets à venir.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	2
PARTIE 1 – PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE	6
1. Que connaît-on des relations entre conception et étude de pratiques innovantes en agronomie ?	6
1.1. Concevoir en agronomie : générer des contenus prescriptifs en soutien à l'évolution des pratiques agricoles.....	6
1.2. Etudier des pratiques d'agriculteurs : une diversité d'approches.....	13
2. Approches théoriques de la conception : trouver des repères pour étudier les relations entre conception et étude de pratiques innovantes	22
2.1. Des repères heuristiques sur les raisonnements de conception : éléments de la théorie CK.....	23
2.2. Des repères heuristiques sur les relations entre conception, action et situation	26
3. Explorer les relations entre étude de pratiques innovantes et conception en agronomie : itinéraire et questions de recherche	30
3.1. Eléments de cadrage de la recherche : une entrée par les raisonnements de conception	30
3.2. Questions et itinéraire de recherche	32
PARTIE 2 – RESULTATS.....	38
Chapitre 1. Généalogie de différents régimes de conception.....	38
1. Eléments d'introduction.....	38
2. Méthode de recherche.....	41
3. Résultats – Caractérisation de cinq régimes de conception en agronomie	45
3.1. Régime de conception 1 - générer des principes d'action en prenant appui sur des pratiques d'agriculteurs.....	46
3.2. Régime de conception 2 - générer des règles d'application d'une technique, au prisme de la chimie	50
3.3. Régime de conception 3 – générer des règles d'optimisation d'une technique, au prisme de plusieurs disciplines connexes à l'agronomie	54
3.4. Régime de conception 4 – Générer des combinaisons de techniques, au travers d'approches systémiques.....	58
3.5. Régime de conception 5 - Générer des prescriptions pour stimuler la conception de systèmes techniques par les agriculteurs.....	62
4. Discussion intermédiaire	65
4.1. Mise en perspective d'approches contemporaines vis-à-vis de régimes de conception construits dans l'histoire.....	65
4.2. Enseignements pour la conception de systèmes agricoles : vers de nouvelles méthodologies pour étudier des pratiques d'agriculteurs ?	66

Chapitre 2. Etudes de pratiques innovantes d'agriculteurs aujourd'hui : enseignements de 12 initiatives de la R&D agricole et modélisation des raisonnements 70

1. Eléments d'introduction	71
2. Méthode de recherche : étude d'un panorama de cas	73
3. Présentation des 12 cas d'étude	75
4. Résultats.....	81
4.1. Moteurs à l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs.....	84
4.2. Processus clés structurant l'étude de pratiques innovantes dans des projets de conception	84
4.3. Nature des contenus agronomiques à visée prescriptive mis en circulation	97
4.4. Eclairages sur des relations entre processus et avec les contenus agronomiques générés	104
5. Discussion intermédiaire	106
5.1. L'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs : s'orienter, gérer, explorer des espaces inconnus	106
5.2. Générer et mettre en circulation des contenus agronomiques à partir de pratiques innovantes d'agriculteurs	109

Chapitre 3. Etude de pratiques innovantes d'agriculteurs pour stimuler la conception couplée d'outils et de systèmes de culture : le cas de l'Atelier Paysan..... 112

1. Elément d'introduction : innovation dans le machinisme et agroécologie.....	113
2. Présentation de l'Atelier Paysan.....	117
3. Méthode de recherche : étude intrinsèque d'un cas.....	119
4. Résultats.....	122
4.1. Articuler différentes manières d'explorer des pratiques innovantes d'agriculteurs en soutien à la conception d'outils en ferme	122
4.2. Des propriétés communes aux outils de l'Atelier Paysan	127
4.3. Conception simultanée d'un outil et d'un système de culture : le cas du rouleau Faca Buzuk en systèmes légumiers	130
5. Discussion intermédiaire	142
5.1. Des pistes à explorer pour stimuler la conception couplée d'outils et de systèmes de culture	142
5.2. Rôles endossés par l'Atelier Paysan : articuler étude de pratiques innovantes et conception en ferme	144

Chapitre 4. L'étude de pratiques innovantes, source de renouvellement des modèles conceptuels en agronomie, dans un contexte de transition vers l'Agriculture Biologique..... 148

1. Eléments d'introduction : gérer les adventices vivaces en Agriculture Biologique ?	149
2. Présentation du projet VivLéBio à Agro-Transfert Ressources-et-Territoires.....	151
3. Méthode : une recherche-Intervention.....	153
4. Résultats - L'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs pour enrichir les représentations agronomiques	160

4.1. Diagnostic du champ de conception : une gestion des vivaces analytique et centrée sur deux voies d'action	160
4.2. Qu'a-t-on appris des agriculteurs ? Récits.	163
4.3. Analyse agronomique transversale des pratiques : émergence de nouveaux inconnus sur des modalités de gestion des vivaces en AB.....	169
4.4. Usage des résultats de l'étude de pratiques innovantes au cours d'ateliers de conception	176
5. Discussion intermédiaire	180
5.1. Des pistes de recherche pour 'vivre avec les vivaces'	180
5.2. Contributions de l'étude de pratiques innovantes à la conception	182
5.3. Des pistes méthodologiques pour conduire une traque en situation de conception	183
5.4. Situer la traque aux pratiques innovantes dans une dynamique partenariale	184
DISCUSSION GENERALE DE THESE ET CONCLUSION.....	186
1. Etudier des pratiques jugées innovantes d'agriculteurs pour stimuler l'exploration d'espaces inconnus en agronomie.....	186
1.1. L'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs, ou : comment faire émerger et gérer des inconnus à partir de pratiques existantes ?.....	186
1.2. Etudier les pratiques innovantes d'agriculteurs, un moteur pour les activités de conception	191
1.3. Prendre appui sur un système de conception distribuée pour étudier les pratiques innovantes ...	198
2. Situer l'étude de pratiques innovantes dans les design sciences	200
2.1. Etudier les pratiques innovantes : un processus générateur d'anomalies créatrices	200
2.2. Concevoir des contenus prescriptifs : contribution de l'étude de contenus agronomiques.....	203
3. Implications pratiques, approfondissements et perspectives	204
3.1. Quelques implications pratiques de cette recherche	204
3.2. Approfondissements et perspectives	205
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	208
ANNEXES	226

TABLE DES FIGURES

Figure 1. Exemples d'initiatives dans lesquelles on valorise des pratiques innovantes d'agriculteurs : les trophées de l'agroécologie, le réseau des Agri'novateurs dans le Finistère et les GIEE.....	3
Figure 2. D'après Le Bellec et al. (2012), figure présentant les étapes de conception proposées par Vereijken (1997), adaptées et enrichies par les auteurs (à droite de la figure).....	7
Figure 3. Modèle conceptuel des composantes d'élaboration du rendement du coton (d'après Rapidel et al., 2004).....	14
Figure 4. Modélisation de décisions relatives à la constitution des blocs de culture : la zone cultivable (VA2), le délai de retour (VA2), l'ensemble des précédents possibles (VA3) et la taille de la sole (VA4) (d'après Aubry et al., 1998).....	16
Figure 5. Modélisation d'un raisonnement de conception - théorie CK (d'après Hatchuel et Weil, 2003)	25
Figure 6. Eléments engagés dans un processus de conception en agronomie : les modèles conceptuels, les instruments de production de connaissance (adapté de Hatchuel et Weil, 2003) et l'expression de rapports de prescription avec des agriculteurs.....	31
Figure 7. Organisation de la démarche de recherche et du manuscrit	33
Figure 8. Catégorisation de processus reliant étude de pratiques innovantes et conception (numérotation de 1 à 5), communs aux différents cas d'étude. En orange sont indiqués ce qui est appris, généré voir mis en circulation par les porteurs de cas en relation avec l'étude de pratiques innovantes.....	81
Figure 9. Principales voies empruntées pour la conception d'outils dans le projet de l'agroécologie	115
Figure 10. Illustrations a) d'un rolofex, b) d'un néobucher, c) d'une serre amovible, d) d'un outil sandwich (d'après : https://www.latelierpaysan.org/)	127
Figure 11. Illustrations a) d'un triangle d'attelage, b) d'un dessin de houe maraichère, c) d'une barre porte outils (d'après : https://www.latelierpaysan.org/).	129
Figure 12. Illustrations de la version 2 du Rolo Faca Buzuk a) plan de l'outil réalisé par Conception Assistée par Ordinateur avec le logiciel solid works, b) photo de l'outil construit (d'après : https://www.latelierpaysan.org/)	135
Figure 13. Modélisation CK illustrant sur quelques exemples l'émergence conjointe d'un outil et d'un système de culture par confrontation à différentes situations au cours d'essais chez des agriculteurs (acquisition de 'connaissances' – espace central). A gauche et à droite de la figure (encadrés gris) se trouvent l'espace des concepts, où on rend compte de l'expansion progressive des concepts d'outil et du système de culture, en relation avec les informations acquises au cours des essais. Au centre se trouve l'espace dans lequel émergent et sont produites des connaissances au travers des essais et qui stimulent la conception des deux objets. Les flèches colorées rendent compte de jeux entre connaissances et concepts au long du processus.....	138
Figure 14. Les nuisibilités des adventices (d'après Macé et al., 2007 – traduit sur le site des mots de l'agronomie)	149

Figure 15. Photos de fleurs de chardon des champs (<i>Cirsium arvense</i>), de laiteron des champs (<i>Elytrigia repens</i>) et de rumex (<i>Rumex obtusifolius</i> , <i>Rumex crispus</i>) (d'après Favrelière et Ronceux, 2016).....	152
Figure 16. Chronologie des principales actions jalonnant la recherche-intervention.....	154
Figure 17. Cycle de reproduction du chardon (d'après Favrelière et Ronceux, 2016, adapté de les Livrets de l'agriculteur n°17)	161
Figure 18. Modélisation CK – voies de gestion des vivaces explorées dans la littérature. En vert, les voies les plus explorées dans la littérature, en rouge, les contenus agronomiques jugés lacunaires ; sous chaque branche de l'arbre des concepts nous avons rapporté le nombre de références bibliographiques associées.	162
Figure 19. Réorganisation de l'arborescence des concepts à partir de l'analyse des résultats de l'étude de pratiques innovantes. En orange, les nouvelles voies ouvertes, en rouge, les principales poches de connaissance ouvertes.....	170
Figure 20. Modélisation hypothétique de l'évolution des réserves racinaires du chardon sans intervention (courbe bleue puis rouge), après écimage au stade bouton floral, puis après récolte précoce, à l'apparition de nouveaux boutons. L'évolution des réserves est représentée à titre indicatif, l'ordre de grandeur de cette diminution étant inconnu. D'après Rodot, 2018 - Modélisation adaptée de Favrelière et Ronceux, 2016. ..	173
Figure 21. Représentation visuelle du panorama de pratiques qu'adapte l'agriculteur 7 en fonction de l'évolution des états du milieu cultivé. La légende, dans l'encadré noir rend compte des principaux processus agronomiques en jeu stimulés par les pratiques (d'après Rodot, 2018).	175

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1. Comparaison entre la conception pas-à-pas et de novo, d'après Meynard et Dourmad (2014)	11
Tableau 2. Références mobilisées rendant compte des principales inflexions épistémologiques de la discipline et principales sources dans lesquelles nous avons exploré des travaux en agronomie.	41
Tableau 3. Eléments des raisonnements de conception dans les différents régimes de conception en agronomie. Les (/) signifient que la modalité est absente dans le régime, les (...) signifie que différentes propositions émergent aujourd'hui, (RC) signifie régime de conception.	44
Tableau 4. Publications étudiées et mobilisées comme exemples dans les résultats pour présenter les principaux traits des processus de conception dans chaque régime.	45
Tableau 5. Citations extraites d'écrits que nous avons étudiés dans le régime de conception 1	47
Tableau 6. Citations extraites d'écrits que nous avons étudiés dans le régime de conception 2	51
Tableau 7. Citations extraites d'écrits que nous avons étudiés dans le régime de conception 3	56
Tableau 8. Citations extraites d'écrits que nous avons étudiés dans le régime de conception 4	59
Tableau 9. Citations extraites d'écrits que nous avons étudiés dans le régime de conception 5	64
Tableau 10. Eléments de caractérisation et de distinction entre les 12 cas étudiés (projet CT = court terme ; MT = moyen terme).....	76
Tableau 11. Processus clés engagés dans la gestion de l'inconnu au cours de l'étude de pratiques innovantes, et des modalités de leur réalisation discriminant les cas.	83
Tableau 12. Relations entre processus et avec les inconnus et contenus agronomiques générés. Les processus indiqués entre parenthèses signifient qu'ils ne sont pas réalisés dans tous les cas concernés sur la ligne, les numéros dans les lignes se réfèrent au codage dans le tableau 11.....	104
Tableau 13. Deux principales activités décrites sur le site de l'Atelier Paysan et les sous-activités qu'ils y associent (tableau bâti à partir d'extraits du site internet de l'Atelier Paysan le 12/01/2019).....	118
Tableau 14. Processus épistémiques engagés par l'analyse agronomique des pratiques innovantes	157
Tableau 15. Exemples de connaissances, de questions de recherche et de concepts qui ont émergé, au cours de l'analyse, sur chacune des voies explorées.....	171
Tableau 16. Exemples des explorations réalisées en relation avec les concepts projecteurs proposés au cours d'un atelier de conception.....	177

INTRODUCTION GENERALE

Une agriculture autonome et connectée (Landry et al., 2017), des tomates ‘climato-friendly’ (Malet, 2017), une souveraineté technologique des paysans (Inpact, 2018), des légumineuses du champ à l’assiette (Jeuffroy et al., 2018), des productions justement rémunérées (MinAgri, 2017) ... sont autant de formes d’expression des valeurs que différents collectifs souhaitent voir incarner dans de nouvelles formes d’agriculture. Ces valeurs se cristallisent, parfois, autour de projets collectifs, parmi lesquels l’agroécologie occupe une place importante, depuis quelques années, dans les sphères politique (Guillou, 2013) et scientifique (Altieri, 1999) et dans la société civile (Rabhi, 2015).

Ces projets, ces valeurs nouvelles se traduisent, en pratique, par des changements en agriculture qui, comme l’expliquent Prost et al. (2016), impliquent de faire exister, donc de concevoir, de nouveaux objets – que ce soit des systèmes de culture ou d’élevage, des outils d’aide à la décision, de nouveaux intrants, des machines, ... - qui viennent soutenir, enrichir ou remettre en question la manière dont est aujourd’hui pratiquée l’agriculture. Ces changements impliquent des acteurs d’horizons variés, au premier rang desquels se trouvent les agriculteurs (Goulet et al., 2008). Souvent au travers de dynamiques collectives, les agriculteurs font évoluer leurs pratiques, en cohérence avec leurs projets, en lien avec des injonctions politiques ou sociétales, et ils conçoivent, pas-à-pas, dans leurs situations, de nouvelles manières de produire seuls et en collectif (Meynard et al., 2012 ; Chantre et Cardona, 2014 ; Coquil, 2014).

Ces changements sont localisés, dispersés dans les territoires et rarement visibles. Et dans le projet d’une agroécologisation de l’agriculture, contribuer et soutenir ces dynamiques soulève de nouvelles questions en agronomie. Par exemple, comment prendre en compte, au cours de la conception de systèmes agroécologiques, des équilibres naturels peu prédictibles et en partie inconnus (Jeuffroy et al., 2014 ; Thornton et al., 1990) ? Quelles représentations des processus agronomiques permettent d’imaginer des systèmes affranchis des intrants de synthèse ? Ou encore, quelles prescriptions concevoir pour appuyer ces changements en considérant la part d’inconnu inhérente à l’action (Bredart et Stassart, 2017), à la variabilité des milieux, à la diversité des activités des agriculteurs (Meynard, 2017) ?...

Ces questions invitent, en agronomie, à inventer de nouveaux ‘*itinéraires de production et de mise en circulation*’ des connaissances (Prévost et al., 2016 ; Compagnone et al., 2018) qui se traduisent, déjà, par l’évolution des activités de certains acteurs de la R&D (Cerf et al., 2017 ; Coquil et al., 2018, Hazard et al. 2018) et par l’émergence d’organisations impliquant des réseaux d’acteurs dispersés dans les territoires (Martin et al., 2018 ; Klerkx et Leeuwis, 2009).



Figure 1. Exemples d'initiatives dans lesquelles on valorise des pratiques innovantes d'agriculteurs : les trophées de l'agroécologie¹, le réseau des Agri'novateurs dans le Finistère et les GIEE²

Dans cette dynamique, on observe, depuis quelques années, un nombre croissant d'initiatives (figure 1) dans lesquelles des acteurs de la recherche ou du développement agricole cherchent à valoriser, mettre au jour, parfois aussi mettre en partage ce que font certains agriculteurs, dont les pratiques sont jugées 'innovantes', 'hors-norme', 'atypiques'³,... autant d'expressions qui suggèrent de nouvelles valeurs, un bousculement des normes, et un ferment de dynamiques créatives. On parle, dans ces initiatives, 'd'inspirer et s'inspirer' (Atelier Paysan, 2017), de 'pistes pour innover' (Petit, 2016), d' 'inspirational ideas' (Eip-Agri)⁴, ou encore de 'donner des idées' (Abgrall et al., 2016), avec en filigrane, parfois, l'enjeu de donner à voir ou de légitimer des formes d'expressions de ce que Lucas et Gasselin (2018a) appellent '*une agroécologie silencieuse*', s'exprimant en ferme, et émergeant hors des canaux institués de la R&D agricole.

En agronomie, l'étude de pratiques d'agriculteurs a fait l'objet de nombreuses propositions méthodologiques, mais, jusqu'alors l'enjeu était avant tout d'identifier des régularités dans les pratiques au moment de concevoir des 'prescriptions pour l'action' (ex. des règles de décision, des gammes d'itinéraires techniques). Ces initiatives émergentes suggèrent d'autres manières de faire : on y étudie des pratiques singulières, a priori inconnues et dispersées dans les territoires. Et les façons de réaliser ces études, de même que leurs contributions à la conception de prescriptions en agronomie, n'ont jusqu'alors pas été étudiées. Face à l'accroissement de ces initiatives, on peut faire l'hypothèse que, dans le projet collectif d'une agroécologisation de l'agriculture, elles contribuent à enrichir des itinéraires de production de connaissances en agronomie. Dans cette thèse, nous chercherons à mieux comprendre les pratiques agronomiques qu'elles engagent : que qualifie-t-on d'« innovant » ? Comment

¹ <https://fr.calameo.com/read/00038033528fd206cb129>

² <https://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/358734-60be7-resource-report-ai2025-version-anglaise.pdf>

³Dans la suite du document, nous emploierons le terme 'innovant' pour nous référer à ces différentes dénominations et nous reviendrons, dans nos résultats, sur ce que ces notions recouvrent pour ceux qui s'y réfèrent.

⁴ <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/inspirational-ideas-future-farmers-spotlight>

les pratiques d'agriculteurs sont-elles étudiées ? Qu'en apprend-t-on ? Que valorise-t-on ? Que met-on en commun et dans quelles situations ?...

Notre objectif, dans ce travail, sera double : (i) contribuer à la compréhension des relations entre étude de pratiques innovantes et conception de prescriptions pour l'action en agronomie, et (ii) produire des repères pour penser les modalités de réalisation de l'étude de pratiques innovantes dans des projets de conception. Ces objectifs nous semblent entrer en cohérence avec un enjeu actuel, pour les personnes engagées ou souhaitant s'engager dans de telles démarches (agriculteurs, acteurs de la recherche et du développement agricole), de mieux comprendre quelles peuvent être leurs contributions à des dynamiques collectives d'innovation. Ainsi, dans ce travail, nous explorerons la question suivante :

En quoi et comment l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs contribue-t-elle à des dynamiques collectives de conception de systèmes agroécologiques ?

En formulant ainsi cette question nous proposons de porter un regard réflexif sur la manière d'appréhender l'étude de pratiques d'agriculteurs, dans une situation où elles sont considérées innovantes par ceux qui les observent et les étudient. Cette question repose sur l'hypothèse qu'étudier des pratiques innovantes contribue à enrichir les activités de conception en agronomie, et nous chercherons à mieux comprendre les formes d'expression de cette relation. Pour appréhender cette question nous mobilisons, en synergie, des acquis théoriques de l'agronomie système et des travaux ayant théorisé les activités de conception dans d'autres disciplines.

PARTIE 1 – PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE

Cette première partie introduit progressivement la problématique de recherche au travers de trois sections. Une première (section 1.) portera sur des acquis, dans la littérature en agronomie, sur ‘les activités de conception’ puis sur ‘l’étude de pratiques d’agriculteurs’. Nous montrerons que, bien que des liens entre ‘conception’ et ‘étude de pratiques innovantes d’agriculteurs’ existent et sont parfois évoqués, ils ont peu été étudiés en agronomie, notamment du point de vue des raisonnements⁵ que ces deux activités engagent et de leur instrumentation. Dans une seconde section (2.), nous introduirons des travaux en design science, qui nous offrent des repères pour appréhender les relations entre ‘conception’ et ‘étude de pratiques innovantes’. Enfin, dans la troisième section (3.), nous exposerons le cadrage de cette recherche et introduirons les questions qui seront traitées dans ce mémoire.

1. Que connaît-on des relations entre conception et étude de pratiques innovantes en agronomie ?

Dans cette première section, nous construisons notre objet de recherche dans le champ de l’agronomie : successivement, nous présenterons des acquis sur les ‘activités de conception’ (1.1.) puis sur ‘l’étude de pratiques d’agriculteurs’ (1.2.), ce qui nous permettra d’identifier des descripteurs de ces deux activités, ainsi que les relations connues entre elles et les zones d’ombre que notre travail cherchera à éclairer.

1.1. Concevoir en agronomie : générer des contenus prescriptifs en soutien à l’évolution des pratiques agricoles

S’engager dans une activité de conception implique une intention de changement, un souhait de renouveau qui, en agronomie, s’exprime avant tout dans l’intention de contribuer à faire évoluer les pratiques des agriculteurs. Cette activité repose sur des rapports de prescription (Hatchuel, 2008) entre agriculteurs et agronomes et implique, pour ces derniers, de prendre position sur des voies d’avenir pour l’agriculture. Ces activités – au sein d’une discipline ingénierique comme l’agronomie - prennent appui et enrichissent la science agronomique, et visent notamment la génération de nouvelles prescriptions pour contribuer à rationaliser l’action des agriculteurs (ex. des règles de décision, des modélisations d’itinéraires techniques). Ainsi, s’intéresser aux activités de conception en agronomie invite à s’intéresser simultanément à ce qui est généré par des agronomes concepteurs et comment, pour soutenir l’évolution des pratiques des agriculteurs.

⁵ Nous reviendrons en détail sur ce qu’on entend par ‘raisonnement’ dans le paragraphe 2. de la partie 1.

☀ Concevoir en agronomie : une diversité d’approches et de propositions méthodologiques singulières

Le nombre d’articles en agronomie portant sur la conception croit fortement depuis quelques années. Comme le soulignent Jeuffroy et Prost (2015), la dynamique en cours depuis 2007 au sein de la communauté scientifique Farming System Design constitue un marqueur de l’intérêt croissant que porte la recherche agronomique à la conception. Le contenu des ‘special issues’ des revues éditées après chacun des symposiums organisés par cette communauté est marqué par la domination de travaux dans lesquels sont présentés des processus de conception singuliers, réalisés dans des contextes spécifiques. En explorant cette littérature, on constate vite la diversité des ‘manières de concevoir’ en agronomie. Par exemple, pour une même problématique, ‘la gestion de la fertilité du sol’, plusieurs approches sont mises en œuvre par les chercheurs : co-conception, avec des agriculteurs, de systèmes de culture adaptés au contexte de chaque exploitation (Lefèvre et al., 2014), conception de systèmes de culture alternatifs ensuite évalués en expérimentation pour choisir le meilleur (Autret et al., 2016), ou encore, propositions de règles de décision, produites à l’aide d’essais analytiques pour optimiser les périodes et doses d’application d’engrais organiques (Herencia et Maqueda, 2017).

On trouve par ailleurs, un ensemble d’articles dans lesquels les auteurs ont cherché à prendre du recul sur la manière dont ils avaient conduit des processus de conception, dans l’objectif de rationaliser ces démarches (en proposant des règles ou des instruments).

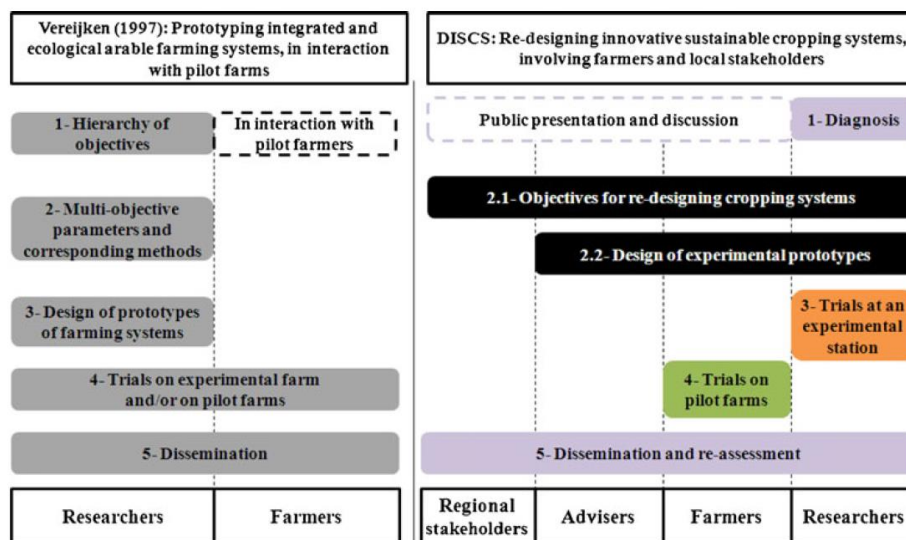


Figure 2. D’après Le Bellec et al. (2012), figure présentant les étapes de conception proposées par Vereijken (1997), adaptées et enrichies par les auteurs (à droite de la figure)

Ces auteurs cherchent le plus souvent à formaliser une succession d’étapes, qu’ils recommandent de suivre, pour aboutir efficacement à la conception d’un objet particulier (par exemple, des itinéraires techniques). A chacune des étapes, sont généralement associés des instruments de production de

connaissance à mobiliser, voire des figures d'acteurs qu'il est recommandé d'impliquer pour assurer le bon déroulement du processus. La démarche la plus emblématique dans ce sens - et probablement la plus citée à ce jour - est la démarche proposée par Vereijken (1997), adaptée à la conception de 'systèmes agricoles', où cinq étapes s'enchaînent : (i) hiérarchisation des objectifs (en interaction avec des agriculteurs pilotes), (ii) transformation des objectifs en critères quantifiables, (iii) conception de prototypes de systèmes agricoles, en relation avec les critères préalablement définis, (iv) expérimentation en station ou en ferme des prototypes conçus, et (v) diffusion des résultats. Cette démarche a été adaptée, enrichie, amendée dans différents travaux depuis sa publication, comme dans ceux de Loyce et al. (2002) ou de Le Bellec et al. (2012) (Figure 2). Certains articles, souvent basés sur plusieurs expériences, insistent sur l'adaptabilité dont il faut faire preuve, en situation, au fil des étapes, et associent souvent des clés de réflexivité à leurs propositions (ex. Etienne, 2010 ; Bos et al., 2009).

Un autre pan de la littérature sur la conception en agronomie se rapporte à des propositions d'instruments – auxquels sont souvent associés des règles d'usage – visant à outiller des démarches de conception. On trouve notamment de nombreux modèles agronomiques informatisés, dont l'objectif est de soutenir le choix ou l'optimisation d'un système technique en cours de conception. On peut par exemple citer⁶ les modèles développés par Naudin et al. (2015), Dogliotti et al. (2003) ou encore celui développé par Bachinger et Zander (2006). D'autres instruments contribuent aussi à la conception, comme (i) le diagnostic agronomique (Doré et al., 1997, 2008) présenté comme un instrument utilisé pour orienter la conception, grâce à l'identification des causes de variabilité de performances qu'il faudrait solutionner ; (ii) les ateliers de conception de systèmes de culture (Reau et al., 2012), pour lesquels les auteurs identifient des rôles que peuvent jouer différents acteurs pour assurer l'efficacité du processus, et des étapes clés en vue d'aboutir à la conception de systèmes de culture innovants ; ou encore (iii) des méthodes d'évaluation des systèmes techniques, souvent basées sur des modélisations informatiques et qui peuvent servir de point d'appui pour spécifier les performances des systèmes au cours de leur émergence (ex. Bockstaller et al., 2008). Enfin, certains auteurs mettent en avant des instruments mobilisés pour tracer, échanger, appuyer la conception collective de systèmes agricoles en ferme (comme « les tableaux de bord » de Prost et al., 2018).

Ce pan très riche de la littérature témoigne d'une dynamique scientifique active sur la conception en agronomie, et d'une volonté de rationaliser cette activité, par des propositions de démarches et d'instruments ; mais ils offrent peu de recul sur les spécificités de cette activité.

⁶ Pour plus d'exemples sur des modèles agronomiques venant en appui à la conception on peut se référer à la thèse de Lorène Prost (2008).

☀ **Spécificités des activités de conception en agronomie : postures, objets conçus et réalisations des processus**

Quelques articles, en revanche, proposent des théorisations des activités de conception en agronomie : au travers de typologies ou modèles construits à partir de revues de la littérature (ex. Martin et al., 2013 ; Lacombe et al., 2018 ; Le Gal et al., 2011), en mobilisant des acquis théoriques en sciences de la conception (ex. Cerf et al., 2012 ; Klerkx et al., 2012 ; Prost et al., 2018), ou par l'introduction de notions/concepts sur des spécificités de ces activités en agriculture (ex. Meynard et al., 2012, 2017 ; Bos et al., 2009 ; Berthet, 2013). Nous présentons ici certains acquis de ces recherches, en nous intéressant successivement : aux distinctions qu'ils suggèrent dans les postures des concepteurs, aux objets conçus puis aux spécificités et divergences identifiées dans la réalisation des processus de conception.

D'abord, on peut distinguer **différentes postures** adoptées en agronomie, en situation de conception. Le Gal et al. (2011), au travers d'une revue de la littérature distinguent les « *design oriented methods* » qui regroupent des travaux dans lesquels des chercheurs conçoivent eux-mêmes des systèmes techniques (systèmes de culture ou de production), pour proposer des alternatives à des agriculteurs ou conseillers ; et les « *design support oriented methods* », qui ont pour objectif d'accompagner des agriculteurs dans la reconception de leurs systèmes techniques. Meynard et Dourmad (2014), à partir de leurs propres expériences, identifient deux postures proches : « *être à l'origine de l'invention, qui, une fois diffusée, appropriée, utilisée, deviendra une innovation* », « *proposer aux acteurs des outils et méthodes pour innover par eux-mêmes (...), ou pour adapter à leur propre situation des innovations exogènes* ».

Ensuite, le travail de conception en agronomie peut porter sur **des objets très variés**. On cherche par exemple à concevoir « de nouvelles manières d'agir pour produire » : des techniques ou itinéraires techniques (Meynard et Sebillotte, 1989), des systèmes de culture (Bergez et al., 2010), des systèmes de production ou « farming systems » (Rossing et al., 1997, Martin et al., 2013 ; Le Gal et al., 2011 ; Lacombe et al., 2018) ou encore des agroécosystèmes (Berthet, 2013). Ces déclinaisons se distinguent sur les échelles spatiales et temporelles, sur les entités naturelles et/ou sur les acteurs et les classes de techniques prises en compte au cours de la conception. Dans d'autres travaux, en revanche, la conception porte sur ce que nous proposons d'appeler des « objets à visée prescriptive » : à savoir des modèles agronomiques (Prost, 2008⁷), des outils d'aide à la décision (Cox, 1996 ; Mc Cown, 2001) ou encore des bases de connaissances ou des jeux basés sur des modèles (Duru et al., 2015 ; Etienne, 2010), qui ont en commun de ne pas être de nouvelles manières d'agir pour produire, mais des objets conçus pour venir en soutien à l'émergence de nouvelles manières d'agir pour produire.

⁷ « Si le modèle est le raisonnement cognitif qui permet de décrire une partie de la réalité, nous emploierons le terme d'outil pour parler de l'inscription de ce modèle dans l'opérationnalité, dans le concret, dans le support. L'outil inclut donc le modèle et un script d'utilisation » (Prost, 2008).

Dans de plus rares articles, on évoque l'enjeu de concevoir non pas 'un' mais plusieurs objets simultanément comme Lacombe et al. (2018) qui évoquent la conception de ce qu'ils appellent des '*local systems activities*', qui correspondent, pour eux, "*to farming practices, but also to a system of references, norms and instruments a group of farmers use to design their own actions and make their own choices in their work situations (Engeström, 2001) (...) What are designed are new rules, instruments, or arrangements for farming activities*"; Prost et al. (2018) évoquent la conception simultanée de systèmes de culture en ferme et d'objets à visées prescriptive (des indicateurs de suivi) au cours d'un processus collectif étudié sur le temps long ; ou encore Meynard et al. (2017) qui introduisent la notion d'innovation couplée, pour se référer à des processus au cours desquels différents objets peuvent être conçus simultanément. Ils mettent en particulier en avant le couplage entre la conception d'objets issus de l'amont des systèmes agroalimentaires (comme des systèmes de culture), et la conception d'objets relatifs à l'aval de la production (comme des procédés de transformation). Cette notion offre, selon eux, une prise pour penser, sur les plans cognitifs et organisationnels, la conception d'objets qui sont généralement appréhendés de manière dissociée. Klerkx et al. (2012) ou Duru et al. (2015) se réfèrent aussi à la conception concomitante de systèmes agricoles et de ce qu'ils appellent des objets intermédiaires, c'est-à-dire une palette d'objets qui émergent au cours de la conception pour y jouer différents rôles (ex. montrer et discuter le fonctionnement d'un système en émergence).

Une propriété commune à l'ensemble de ces objets est qu'ils ont la spécificité de se rapporter au 'vivant', ce qui n'est pas sans implications pour leur conception. En effet, comme Prost et al. (2016) l'indiquent, ces objets se situent à la frontière entre le 'naturel' et 'l'artificiel' : ils embarquent à la fois une dimension 'naturelle' puisqu'ils se rapportent toujours à des milieux et des entités naturelles – forcément très variées selon les zones géographiques, l'historique des lieux... - et qui évoluent selon leurs propres dynamiques, en interaction avec leur environnement; et une dimension 'artificielle', puisque ces objets sont gérés ou se rapportent à des actions de l'homme, qui elles-mêmes contribuent et sont impactées par les évolutions de la dimension naturelle. Ainsi, s'intéresser à des objets 'vivants' suppose :

- de prendre en compte différentes dimensions et dynamiques spatiales et temporelles, enchevêtrées et en interaction, qui touchent à la fois à l'environnement, aux entités naturelles (ex. leur évolution dans les territoires⁸, leurs évolutions propres à court, moyen, long terme et en interaction avec des actions⁹), mais également aux actions des agriculteurs qui s'inscrivent elles aussi dans des dynamiques variées (ex. différentes modalités de gestion spatiale des activités productives ; durée de l'activité appliquée, durée de rémanence des effets, durée durant laquelle l'agriculteur garde en tête une option technique dans son répertoire d'actions, Landais et al., 1987) ;

⁸ Exemple : les flux de dispersion d'insectes, de champignons, de pollen, d'oiseaux...

⁹ Exemple : la dynamique de développement d'un puceron seul, dans une population, et suite à l'application d'un pesticide.

- de considérer que les environnements dans lesquels les actions ont lieu sont, par nature, très variables et leurs évolutions ne sont que très partiellement prédictibles (ex. ils sont soumis aux aléas climatiques, en plus de l'évolution des marchés ou des politiques publiques, Voß et al., 2007 ; Darnhofer et al., 2010).

Ce sont ces spécificités que différents auteurs mettent en avant pour justifier l'enjeu d'avoir recours à des **approches systémiques** au cours de la conception d'objets en agriculture (Duru et al., 2015 ; Meynard, 2017), pour prendre en compte les interactions à l'œuvre entre entités naturelles et artificielles, et en fonction des situations des agriculteurs.

Les articles qui proposent des théorisations de la conception en agronomie identifient des divergences et des convergences concernant **les modalités de mise en œuvre des processus de conception** :

- La définition de ce qui fait 'problème de conception', ce qu'on vise, peut être fixée au début du processus, ou au contraire considéré comme dynamique et défini en cours de conception, avec ou sans agriculteurs (Martin et al., 2013 ; Lacombe et al., 2018 ; Bos et al., 2009 ; Klerkx et al., 2012).

	Conception de novo	Conception pas à pas
Principe général	Invention d'un système en rupture par rapport à l'existant	Evolution progressive d'un système existant
Conduite de la transition	Non	Oui
Méthodes	Explorations à l'aide de modèles agronomiques ou zootechniques ; Ateliers de conception participative	Boucle d'amélioration continue : diagnostic du système actuel, identification de solutions, mise en œuvre, nouveau diagnostic
Avantages	Exploration de solutions innovantes ; source d'inspiration pour la conception pas à pas	Apprentissages progressifs des nouveaux systèmes ; adaptation aux contraintes spécifiques de la ferme
Risques	Faible réalisme	Conservatisme

Tableau 1. Comparaison entre la conception pas-à-pas et de novo, d'après Meynard et Dourmad (2014)

- Les **lieux, les ancrages et la temporalité** des processus de conception sont également très divers. Parfois, la conception s'opère en situation, avec les agriculteurs, parfois 'en milieu confiné' (Lacombe et al., 2018 ; Duru, 2013) ; le processus peut être bref (la durée d'un atelier) ou s'étaler sur des pas de temps longs, sur plusieurs années parfois (Prost et al., 2018). Meynard et al. (2012) proposent deux notions, pour désigner ces processus en relation avec leur niveau d'ancrage dans les situations d'action, et des temporalités qu'elles engagent (Tableau 1). La première notion, la conception dite « *de novo* » (dont les formes les plus courantes sont le prototypage en ateliers de conception et la conception assistée par modèles) vise « *à déterminer des systèmes performants (en référence aux nouveaux objectifs) sans se préoccuper, au moins dans un premier temps, de la transition, de la manière de passer du système actuel à l'innovant. On privilégie l'invention, la rupture.* » Démarche qu'ils proposent de distinguer de la conception dite « *pas à pas* » où « *on cherche avant tout à organiser le changement. Un système existant sert de point de départ ; il est graduellement modifié (plusieurs années) en s'appuyant sur des boucles d'apprentissage pour aboutir à un système innovant qui n'était pas connu à l'avance* ».

- Plusieurs revues de la littérature rendent compte de la diversité et des rôles joués dans la conception par les **modèles agronomiques** (souvent informatisés), à savoir « *des descriptions simplifiées (modèle conceptuel) d'un système ou morceau de système de production comme un ensemble de relations entre des variables, contrôlables et incontrôlables selon si elles peuvent ou non être influencées directement par l'action de l'agriculteur* » (Martin et al., 2013). Ces modèles prennent en charge des systèmes plus ou moins complexes, ils sont souvent dynamiques ; et peuvent remplir différentes fonctions au long des processus (simulation, évaluation, proposition de solutions...) (Martin et al., 2013 ; Bergez et al., 2010 ; Meynard et Sebillotte, 1989 ; Le Gal et al., 2011). Ces auteurs montrent que les différentes propriétés de ces modèles influent sur la réalisation des processus de conception, notamment sur les voies de conception qu'ils permettent d'explorer. Ils montrent aussi que ces propriétés influent sur leurs capacités à prendre en charge et à s'adapter à la participation d'acteurs, au-delà de leurs concepteurs (Prost et al., 2008 ; Le Gal et al., 2011 ; Martin et al., 2013).

- On s'intéresse aussi dans plusieurs travaux, **au rôle, à la place et aux apprentissages que peuvent faire des agriculteurs** à différents moments du processus de conception. Dans certaines démarches, les agriculteurs sont au cœur des processus de changement qui concernent leurs propres pratiques. A l'inverse, dans d'autres démarches, les agriculteurs sont avant tout mobilisés pour fournir des informations aux concepteurs (pour formuler un enjeu de conception, définir la structure du modèle, tester chez eux des prototypes préconçus...) (Le Gal et al., 2011 ; Martin et al., 2013 ; Lacombe et al., 2018).

Dans ces recherches, on s'intéresse à la place et aux rôles d'agriculteurs impliqués au cours de processus de conception. Cependant, les relations entre l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs, et des processus de conception ne semblent pas abordées.

Conclusion paragraphe 1.1.

Dans ce travail, nous considérerons que les activités de conception en agronomie visent la génération de prescriptions pour l'action (ex. outils d'aide à la décision, itinéraires techniques adaptés à différentes situations), et impliquent la production de connaissances agronomiques, pour soutenir l'évolution des pratiques des agriculteurs. On observe des manières très différentes de concevoir en agronomie. Nous retenons que les processus de conception (i) impliquent des représentations simplifiées des agroécosystèmes (i.e. des modèles conceptuels), (ii) que les concepteurs peuvent y tenir des postures contrastées (ex. concevoir ou soutenir la conception en ferme), (iii) qu'ils mobilisent, au long du processus, des instruments de production de connaissance variés (ex. la simulation informatisée) et enfin (iv) que les agriculteurs sont variablement impliqués au long de processus portés par la R&D.

Cependant, dans ce champ de littérature, on ne connaît pas de travaux qui ont porté sur les relations entre 'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs' et 'conception'.

1.2. Etudier des pratiques d'agriculteurs : une diversité d'approches

La notion de 'pratique' est couramment employée dans la littérature en agronomie, pour désigner des processus ou des objets assez différents. Dans ce paragraphe, notre objectif sera de rendre compte des manières dont est aujourd'hui appréhendée l'étude de pratiques d'agriculteurs en agronomie et leur lien avec des activités de conception. Nous choisissons, tout au long de ce travail, d'employer le terme de 'étude', tel que défini dans le CNRTL¹⁰, pour nous référer aux différents processus épistémiques¹¹, aux enjeux et aux intentions sous-jacents à cette activité. Nous nous référons aux 'pratiques' des agriculteurs comme « *les manières de faire dans une optique de production (...) les manières concrètes d'agir des agriculteurs* » telles que définies par Tessier (1979) et repris par Landais et al. (1987). Pour ces auteurs, la notion de 'pratique' doit être distinguée de celle de 'technique' : « *La technique est un modèle conceptuel (...) Elle n'acquiert cette dimension de modèle que parce qu'elle est décrite in abstracto sans référence à une situation concrète, ce qui la rend transmissible* ».

La présentation des façons 'd'étudier les pratiques d'agriculteurs', que nous proposons ici, s'inspire des « points de vue sur les pratiques » distingués par Biarnès et Milleville (1998) : « *dans le premier point de vue, l'accent est mis sur le fonctionnement de l'agrosystème [...] le second point de vue considère le champ cultivé comme un système piloté dans un cadre de contraintes* » ; Doré et al. (2006) distinguent de manière analogue un « *double regard* » sur les « *techniques culturelles [...]* : le premier concerne leur effet « *sur le champ cultivé* », le second « *les logiques d'action qui déterminent les évolutions de cet objet matériel* ». Nous nous référons aussi à la distinction proposée par Sebillotte (2006) concernant différents 'objets' de l'agronomie, à savoir : la parcelle, l'agriculteur cultivant ses parcelles et le territoire. Concernant cette dernière dimension, nous choisissons de circonscrire notre exploration de la littérature aux travaux réalisés à l'échelle de l'exploitation agricole, c'est-à-dire que nous ne détaillerons pas l'ensemble des travaux qui se rapportent à l'étude des pratiques en relation avec les filières (ex. Le Bail, 2012), les systèmes alimentaires (Francis et al., 2003), les territoires (Deffontaines, 1973 ; Boiffin et al., 2014), les systèmes sociotechniques (Belmin, 2016), ou les systèmes agraires (Cochet, 2015).

Nous avons organisé notre revue bibliographique sur l'étude de pratiques d'agriculteurs de la manière suivante¹² : (i) travaux visant à comprendre les effets sur le milieu cultivé et les performances de pratiques, (ii) travaux sur les déterminants de pratiques d'agriculteurs, (iii) travaux combinant les

¹⁰ Définition du mot 'étude' du Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales : « *Application méthodique de l'esprit, cherchant à comprendre et à apprendre (...)* Effort d'application orienté vers l'acquisition ou l'approfondissement de connaissances » - <http://www.cnrtl.fr/definition/%C3%A9tude>

¹¹ Nous empruntons le terme *épistémique* à Cook et Brown (1999) et qualifions de 'épistémiques' l'ensemble des processus au cours desquels sont générées et utilisées des connaissances dans l'action (les procédés, leur instrumentation...) ainsi que les processus épistémiques de l'action elle-même (ce que ces auteurs appellent *knowing*).

¹² De nombreux travaux ont été réalisés sur l'étude de pratiques, nous nous centrons avant tout ici sur ceux qui ont fait l'objet de mises au point méthodologiques.

regards sur l'étude des déterminants et des effets des pratiques, (iv) travaux portant sur le changement dans les pratiques d'agriculteurs, et enfin, (v) des travaux sur des pratiques singulières d'agriculteurs.

☀ **Etudes des effets des pratiques d'agriculteurs sur le milieu cultivé et les performances**

Le premier champ de recherche se rapporte à l'étude des effets des pratiques sur le milieu cultivé et les performances. Une première méthode est le diagnostic agronomique (Meynard et David, 1992 ; Doré et al., 1997, 2008), dont l'objectif est d'identifier et hiérarchiser *a posteriori* les actes techniques et les caractéristiques du milieu responsables d'un 'problème agronomique' donné (Meynard et al., 2001). En particulier, on cherche à comprendre les causes de variabilité du rendement, de la qualité des récoltes, ou d'impacts environnementaux (Doré et al., 2008), souvent dans l'optique de produire ou d'enrichir des modèles conceptuels, et de guider l'élaboration de propositions techniques (Loyce et al., 2006).

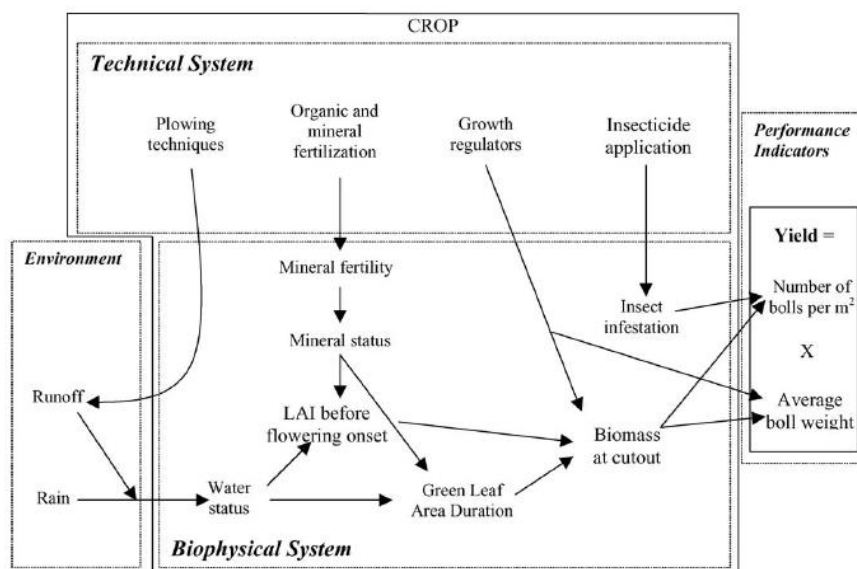


Figure 3. Modèle conceptuel des composantes d'élaboration du rendement du coton (d'après Rapidel et al., 2004)

Le diagnostic prend appui sur un modèle conceptuel (souvent numérique) du fonctionnement du champ cultivé, considéré comme la combinaison d'un système biophysique et d'un système technique (Figure 3), bâti principalement à partir des connaissances scientifiques disponibles. L'élaboration des modèles s'opère en amont, et est enrichie au cours/ou à l'issue du diagnostic, à partir des résultats obtenus. Pour chaque parcelle agricole impliquée dans le diagnostic¹³, on relève des informations sur les pratiques mises en œuvre, et on observe ou on mesure différentes performances et variables intermédiaires (orientées par des hypothèses concernant les interactions entre pratiques et performances, formulées à

¹³ Les parcelles sont souvent choisies pour séparer les effets du sol et du système de culture et afin d'échantillonner la variabilité des situations d'une région, Boiffin et al., 1981.

partir de la littérature scientifique et/ou des échanges avec les agriculteurs). On cherche ensuite à hiérarchiser, par une analyse systémique des relations entre les actes techniques, l'évolution des états du milieu et le climat (Meynard et David, 1992)¹⁴ et en fonction de niveaux de performance jugés insuffisants. Les critères de performance les plus étudiés sont le rendement (Boiffin et al., 1981), la qualité (Le Bail et Meynard, 2003 ; Belmin, 2016) ou la fertilité du milieu (Clermont-Dauphin et al., 2004).

Associée à ce champ de recherche, on peut aussi citer la méthode *yield gap analysis* (Van Ittersum et Rabbinge, 1997 ; Van Ittersum et al., 2013), dont les objectifs se rapprochent de ceux du diagnostic agronomique : on cherche à éclairer les causes d'écart entre des rendements potentiels (rendement atteint avec une conduite 'optimale') et des rendements effectifs atteints en ferme, c'est-à-dire les facteurs limitants. Le *yield gap analysis* s'appuie souvent sur de la modélisation (pour l'estimation du potentiel, en particulier), mais remonte généralement moins que le diagnostic agronomique vers des effets indirects de pratiques. Dans cette méthode, les performances se rapportent avant tout au rendement, et on vise avant tout l'optimisation de l'usage d'intrants (irrigation, apports de fertilisants...).

Enfin, on peut aussi évoquer dans ce paragraphe les travaux portant sur l'évaluation multicritère des pratiques d'agriculteurs, qui ont fait l'objet de nombreuses propositions méthodologiques ces dernières années. L'objectif est, à partir de modèles bâtis sur des connaissances produites dans un cadre scientifique, de comparer les performances de diverses combinaisons de techniques (ex. López-Ridaura et al., 2005 ; Bockstaller et al., 2008).

☀ **Etudes de déterminants des pratiques d'agriculteurs**

On trouve par ailleurs une série de travaux dans lesquels on cherche à étudier les déterminants des pratiques des agriculteurs. Les travaux les plus emblématiques de ce champ se rapportent à l'étude des raisonnements décisionnels des agriculteurs (dimensions cognitives), prenant appui sur les théories de la décision. On y considère l'agriculteur comme 'décideur', pilote et moteur des décisions sur son exploitation.

Des propositions méthodologiques se rapportent au modèle d'action¹⁵ (ex. Cerf et Sebillotte, 1997 ; Sebillotte et Soler, 1988), aux modèles décisionnels, déclinés sur différents types de systèmes (ex. système de culture – Aubry et al., 1998, (Figure 4), systèmes d'élevage, systèmes mixtes (Duru et al., 1991), ou encore au modèle du comportement pour l'action (ex. Girard et Hubert, 1999). L'élaboration de ces modèles de décision repose sur des informations recueillies en entretiens, parfois aussi au cours de suivis des décisions prises par les agriculteurs au quotidien (Papy, 1993). Ces travaux reposent donc

¹⁴ « A quel moment les différences de rendement se sont-elles creusées ? (...) Quelle est l'origine de la limitation de la production ? » (Meynard et David, 1992).

¹⁵ Le modèle d'action a servi de base à l'élaboration de nombreuses modélisations informatiques (ex. Chatelin et al., 2005).

sur l'hypothèse qu'il est possible de planifier une organisation des décisions de l'agriculteur comme résultant d'un découpage du temps et de l'espace, qui lui permet de traiter d'une façon hiérarchisée les incertitudes auxquelles il doit faire face.

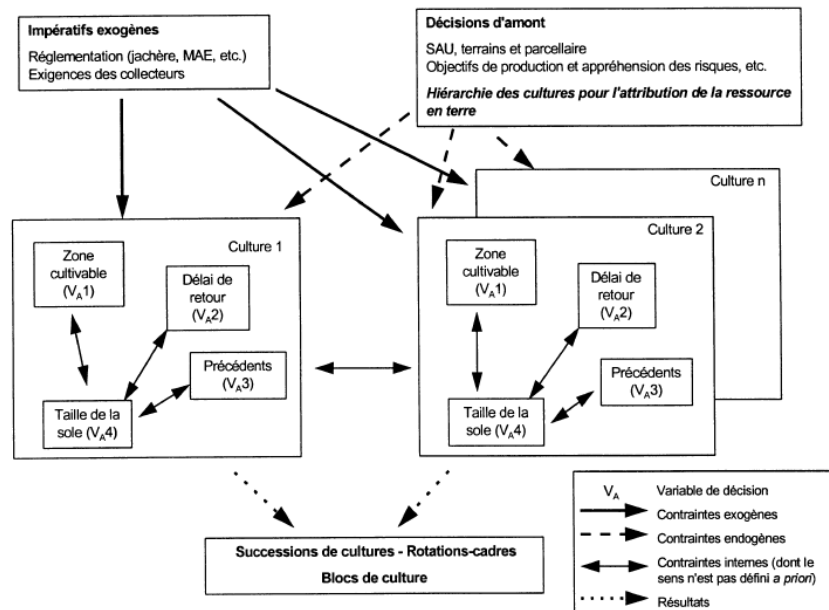


Figure 4. Modélisation de décisions relatives à la constitution des blocs de culture : la zone cultivable (V_{A2}), le délai de retour (V_{A2}), l'ensemble des précédents possibles (V_{A3}) et la taille de la sole (V_{A4}) (d'après Aubry et al., 1998)

On peut aussi citer ici des travaux dans lesquels on cherche à renseigner des caractéristiques des exploitations agricoles qui induisent des variations dans les pratiques des agriculteurs, dans l'objectif d'adapter les prescriptions à des types de systèmes de production (Capillon et Caneill, 1987 ; Capillon, 1993 ; Le Bellec et al., 2011). L'élaboration de ces typologies s'opère souvent à l'échelle de microrégions, en relation avec des cultures ou élevages particuliers ; et c'est au travers d'enquêtes sur le fonctionnement de leurs exploitations, auprès d'un échantillon représentatif d'agriculteurs, qu'on recueille des informations qui constituent ensuite la base de l'élaboration des types.

☀ **Etude simultanée des déterminants et des effets des pratiques d'agriculteurs**

A côté de ces études centrées sur les déterminants des pratiques ou sur leurs effets, il existe différentes approches dans lesquelles on s'intéresse aux pratiques sous ces deux angles à la fois. Dans ces travaux, on se réfère souvent aux concepts d'itinéraires technique et de systèmes de culture (Sebillotte, 1974, 1990), ou système d'élevage (Landais, 1987, cité par Dedieu et al., 2008), en vue de porter un double regard sur les pratiques, en s'intéressant simultanément aux 'raisons' qui guident les agriculteurs à agir comme ils le font, et aux effets de leurs actions sur l'évolution des états du milieu et sur les niveaux de performance obtenus, et ceci, en fonction de la situation dans laquelle ils agissent.

Meynard et al. (2001) décrivent ce double regard de la façon suivante : « *d'une part, les modalités techniques constitutives du système de culture ou de l'itinéraire technique résultent de décisions fortement liées les unes aux autres : celui qui les prend les raisonne toutes dans un cadre unique rassemblant ses objectifs de production, les contraintes de son système et les moyens disponibles (...), l'observation de la parcelle par l'agriculteurs constitue aussi une source de liens forts entre décisions techniques (...). D'autre part, les différentes techniques culturales agissent sur les mêmes caractéristiques de l'environnement de la plante cultivée : une même technique joue à la fois sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du milieu, et symétriquement chacune de ces caractéristiques est influencée par plusieurs techniques (...). Du fait de l'absence de ces relations bi-univoques entre techniques culturales et caractéristiques du milieu, il existe de fortes interactions entre les techniques culturales* » et « *Il est essentiel de prendre en compte ces deux types de liens pour analyser, évaluer ou améliorer les pratiques agricoles* ».

L'étude des pratiques et/ou systèmes de pratiques¹⁶ d'agriculteurs ou d'éleveurs constitue souvent le point de départ d'une analyse compréhensive de ce que font les agriculteurs, en lien avec les effets qu'ils citent, et avec les déterminants de leurs choix. Dans ces travaux, « *les pratiques sont postulées être le résultat d'une intention de faire, elle-même fonction d'objectifs de l'agriculteur, dans un contexte de contraintes et d'opportunités* » (Papy, 1993) et « *s'enracinent dans un contexte particulier, situé dans l'espace et le temps* » (Landais et al., 1987). L'objectif est de comprendre, d'organiser et d'identifier des régularités dans les manières de faire d'agriculteurs, souvent à l'échelle d'une microrégion et dans l'optique de guider des démarches de développement (Blanc-Pamard et al., 1992). Les méthodes suivies ont en commun de s'appuyer sur des populations représentatives d'agriculteurs (au niveau d'une micro-région, dans l'exercice d'une conduite de culture particulière...). C'est au travers d'entretiens et/ou d'enquêtes réitérées dans le temps qu'on renseigne des conduites des cultures et/ou des troupeaux, et que l'on interroge l'agriculteur sur les raisons de ses choix, et les effets de ses pratiques (Sebillotte, 1987 ; Blanc-Pamart et Milleville, 1985 ; Cristofini et al., 1978 ; Lhoste et Milleville, 1986). C'est ensuite souvent en mobilisant des approches systémiques qu'on établit des relations et qu'on identifie des régularités entre des pratiques, des effets et des éléments des contextes dans lesquels ces pratiques sont mises en œuvre, qui peuvent servir de support à l'élaboration de recommandations pour le développement agricole.

On retrouve aussi des études des déterminants et des effets dans les travaux comme ceux de Hénin et al. (1969) ou de Sebillotte (1969), où c'est en situation, face aux états du milieu (Hénin – profil cultural,

¹⁶ Système de pratiques : « *La combinaison de ces différentes pratiques élémentaires a permis de définir six systèmes de pratiques d'élevage. Parce que le choix des divers éléments de ces systèmes est cohérent, qu'ils sont complémentaires, une Pratique apparaît comme une attitude générale de l'éleveur vis-à-vis de son troupeau et du territoire, comme une manière d'agir prise globalement.* » (Cristofini et al., 1978).

Sebillotte – Tour de plaine) et avec les agriculteurs, que sont établis des diagnostics des états du milieu tenant compte simultanément des effets des pratiques sur le sol ou les cultures, et des raisons qui ont conduit les agriculteurs à agir ainsi.

Quelques travaux combinent aussi plusieurs méthodologies, par exemple, Belmin (2016) combine le diagnostic agronomique avec des études de pratiques pour identifier leurs déterminants et Meynard (1985) combine diagnostic agronomique et typologies d'exploitation. Dans un autre registre, on étudie parfois les pratiques d'agriculteurs pour compléter ou enrichir des modèles bio-décisionnels, qui couplent des modèles de décision avec des modèles de systèmes de culture, d'élevage ou d'exploitation (ex. Bergez et al., 2010). Ces modèles visent à évaluer des combinaisons de choix techniques et/ou à simuler des évolutions des états du milieu en relation avec des modèles de décision comportant des alternatives techniques et différentes situations de production.

☀ **Etude du changement dans les pratiques d'agriculteurs**

L'étude du changement dans les pratiques des agriculteurs constitue un sujet de recherche en développement en agronomie. On parle de « *transitions* » (Coquil, 2014), de « *trajectoires de changement* » (Chantre, 2011), « *d'adaptabilité des pratiques* » (Darnhofer et al., 2010 ; Brédart et Stassart, 2017) ou encore de « *conception pas-à-pas* » (Meynard et al., 2012 ; Toffolini, 2016). L'enjeu commun, pour ces auteurs, est de mettre au jour des spécificités de la manière dont les agriculteurs font évoluer leurs pratiques. Chacun de ces auteurs adopte des angles de vue particuliers sur ce processus (souvent en hybridant des cadres théoriques issus d'agronomie et de sciences sociales), et en vue d'identifier de nouvelles manières d'orienter et de produire des prescriptions.

Chantre (2011) ou Cristofari (2018) appréhendent ces changements de pratiques au travers des apprentissages que réalisent les agriculteurs. Chantre (2011) s'appuie sur des concepts en didactique professionnelle, pour éclairer une diversité de trajectoires de changement, basées sur des phases de cohérence dans les pratiques, mises en dynamique par des « pratiques clés » et des styles d'apprentissages, se différenciant notamment sur leurs contenus. Cristofari (2018) en revanche s'inspire de la philosophie pragmatiste, pour mettre au jour des jugements pragmatiques émergeant au cours de processus d'apprentissages contrastés.

D'autres travaux appréhendent ces changements avec d'autres angles de vue, comme Cerf et al. (2012) qui proposent une méthode pour étudier les usages d'objets à visée prescriptive en ferme¹⁷, Delecourt (2018) qui étudie la prise en compte du travail par les agriculteurs au cours de changements de pratiques, ou encore Toffolini (2016) qui étudie l'activité de re-conception pas-à-pas de leurs systèmes de culture par des agriculteurs comme « *la construction théorique d'une logique d'action pour une nouvelle*

¹⁷ Dans cet article, les auteurs étudient notamment les usages (et leurs évolutions), par différents agriculteurs, d'un outil d'aide à la décision conçu par des agronomes.

pratique, l'adaptation et l'interprétation dans l'application, l'application en elle-même, et le suivi des effets de l'action ». Par son travail, il met au jour des attributs de connaissances que mobilisent les agriculteurs au cours du changement de pratiques, ainsi que des processus épistémiques qui leur permettent de s'appuyer sur des connaissances fonctionnelles au cours de la re-conception de leurs systèmes de culture. Coquil (2014), quant à lui, étudie les transitions dans les pratiques agricoles au travers du développement des mondes professionnels des agriculteurs, qui consistent en « *une formalisation systémique de l'activité et de l'expérience des agriculteurs* », qui donne accès à « *la dynamique créatrice du sujet au travail qui est de l'ordre du vital, l'expérience du travailleur et la cohérence que le travailleur construit entre ses façons de faire, d'être et de penser* ». Cet auteur identifie à la fois des 'moteurs' aux transitions dans les pratiques et ce qu'il appelle des 'artefacts clés' qui consistent en des types de ressources mobilisés par les agriculteurs au cours du changement. On peut aussi citer les travaux de Catalogna (2018), qui aborde le changement de pratiques par le biais des expérimentations réalisées par les agriculteurs dans la phase d'essai qui alimente la décision de changer et propose notamment de rendre compte de différents 'itinéraires d'expérimentation' en ferme.

Dans ces travaux, l'étude du changement dans les pratiques des agriculteurs vise avant tout à interpeller et à stimuler la réflexivité des acteurs-prescripteurs engagés dans l'appui à ces changements.

☀ **Etudes de pratiques d'agriculteurs singulières, hors-norme, innovantes**

Enfin, quelques travaux, plus rares, portent sur l'étude de pratiques d'agriculteurs pour leurs 'singularités', pour leurs caractères 'innovant' ou 'hors-norme'. Citons par exemple les travaux de Feike et al. (2010), qui étudient la manière dont des agriculteurs chinois mettent en œuvre des associations d'espèces, une technique jugée d'intérêt par les scientifiques ; les travaux de Jagoret et al. (2012) qui étudient, au Cameroun, des pratiques agroforestières avec cacaoyers qui n'avaient jusque-là fait l'objet d'aucuns travaux scientifiques. On peut aussi citer les travaux de Barzman et al. (1996) qui étudient des pratiques de domestication des fourmis au service de la production de citron, jusqu'alors inconnues dans la littérature ; les travaux de Abay et al. (2008) qui rendent compte de pratiques originales de sélection des variétés d'orge, développées par des agriculteurs en Ethiopie. On trouve aussi les travaux de Salembier et al. (2016) et Blanchard et al. (2017) qui proposent et enrichissent une démarche de traque aux pratiques innovantes, pour étudier des systèmes de culture 'hors-norme' respectivement dans la Pampa argentine et au Burkina Faso. Ces différents travaux sont des formes d'expression de ce que nous avons proposé de nommer 'l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs' (cf. Introduction). Ces travaux ont en commun de reposer sur des approches méthodologiques singulières, qui dialoguent peu entre elles, c'est-à-dire que chaque scientifique a proposé sa propre méthode et rare sont ceux qui font référence à des travaux antérieurs aux leurs, se rapportant à des études de pratiques innovantes/hors-norme/singulières. Notons aussi que les relations entre la manière de conduire ces études et des activités de conception en agronomie ne sont pas théorisées ou discutées dans ces travaux.

Conclusion du paragraphe 1.2. et de la section 1.

Ce paragraphe nous permet de dresser les constats suivants :

- Concernant l'étude des pratiques d'agriculteurs, on observe des approches contrastées, qui se distinguent notamment par les objectifs poursuivis (ex. on étudie des déterminants, des effets, comment s'opère le changement, ...) et les processus épistémiques qu'elles engagent.

- Dans la majorité des travaux, l'accent est mis sur la recherche de régularités (typologies, classes, modèles de décision, ...) ou de problèmes à résoudre (ex. une des fonctions du diagnostic agronomique).

L'étude de pratiques singulières, hors-norme, innovantes est marginale dans la littérature scientifique en agronomie et les quelques travaux qu'on rencontre rapportent des expériences uniques dans lesquelles chacun construit sa propre méthodologie.

- Les relations entre les études de pratiques et une activité de conception (i.e. la génération de nouvelles prescriptions pour l'action) est parfois évoqué, souvent comme un souhait des auteurs (ex. le diagnostic peut être un moyen de guider l'élaboration de propositions techniques, l'étude des déterminants et des effets peut contribuer à l'élaboration de recommandations pour le développement agricole, ...). Cependant ces mêmes auteurs discutent rarement de ce que différentes manières d'étudier des pratiques d'agriculteurs (les lunettes qu'on choisit pour observer les 'pratiques', les démarches d'analyse, ...) induisent pour les activités de conception. Autrement dit, on dispose aujourd'hui de peu de recul réflexif sur les implications de différentes manières d'étudier des pratiques d'agriculteurs au cours d'activités de conception en agronomie et, réciproquement, des implications de différentes approches de la conception sur les manières de conduire des études de pratiques.

Dans cette section, l'exploration de la littérature sur la conception en agronomie et sur l'étude de pratiques nous permet de constater que, bien qu'elles soient souvent évoquées, on connaît mal les relations entre ces deux activités et d'autant moins quand les études portent sur des pratiques 'innovantes' d'agriculteurs.

L'agronomie est aujourd'hui peu outillée pour étudier ces relations, c'est pourquoi, dans cette recherche, nous avons choisi de nous appuyer sur des avancées théoriques en sciences de gestion et en design science. En particulier, nous chercherons des repères heuristiques dans ces champs de recherche, qui nous permettront de repérer, d'analyser, de comprendre, voire de proposer des relations entre conception et étude de pratiques innovantes en agronomie.

2. Approches théoriques de la conception : trouver des repères pour étudier les relations entre conception et étude de pratiques innovantes

La littérature rend compte d'approches très variées pour appréhender les activités de conception, qui, comme le montrent Choulier (2009), Le Masson et al. (2013), Prost (2019), Margolin (2009) ou encore Cross (1993), prennent racine dans différents courants scientifiques et contextes historiques. La majorité des travaux empiriques portant sur ces activités se situent dans les domaines de l'industrie, de l'art et de l'architecture, et portent avant tout sur la conception d'objets matériels n'impliquant pas (ou peu) d'entités naturelles.

Dans ce travail, nous considérerons que concevoir est un processus, mu par un désir, une volonté de changement, de transformation de l'existant et qui, par des actions d'un (plusieurs) concepteur(s), s'incarne dans l'émergence progressive d'un nouvel objet, qu'il soit matériel ou immatériel, et de son insertion dans des environnements physiques, sociaux, économiques et virtuels (Papalambros, 2015 ; Hatchuel et al., 2017 ; Wynn et Clarkson, 2016¹⁸).

Pour s'orienter dans la littérature sur la conception, afin d'y trouver des repères pour notre étude, rappelons des traits caractéristiques de notre objet de recherche :

- Les activités de conception en agronomie et l'étude de pratiques d'agriculteurs sont deux processus guidés, en partie, par des intentions et impliquant différents processus épistémiques.
- L'étude de pratiques d'agriculteurs est une façon, en agronomie, de produire des connaissances sur ce que font des agriculteurs dans leurs situations et, souvent, dans l'optique d'enrichir des processus de conception (bien que ce lien soit plus évoqué qu'étudié). Autrement dit, étudier des pratiques s'apparente, pour les agronomes, à une confrontation aux situations d'action des agriculteurs.
- Nous étudions ces activités dans un contexte où les projets collectifs pour l'agriculture - au premier rang desquels se trouve l'agroécologie - induisent des reconfigurations dans les relations entre agriculteurs et acteurs de la R&D.

Partant de ces constats, dans la lignée de travaux antérieurs, nous proposons d'appréhender les relations entre conception et étude de pratiques innovantes en agronomie avec une attention particulière sur, ce que certains auteurs appellent, « *les raisonnements* » que ces activités engagent et leur

¹⁸ Au travers d'une revue de la littérature sur les raisonnements de conception, Wynn et Clarkson (2016) rendent compte du fait que de nombreux raisonnements présentent des caractéristiques communes: "(i) *Designing starts with ill-defined problems*, (ii) *Design problems and solutions coevolve*, (iii) *Designing is partly solution-oriented*, (iv) *Designing creates new parameters and generates new knowledge*, (v) *Designing involves hierarchical structures*, (vi) *Designing is situated*, (vii) *Designing is progressive and iterative*".

instrumentation (ex. Hatchuel et Weil, 1992 ; Le Masson et Mac Mahon, 2016). Autrement dit, nous nous intéresserons particulièrement aux processus épistémiques, aux méthodes, aux représentations / modèles, aux instruments scientifiques, ... qu'inventent, génèrent et mobilisent des agronomes au cours d'activités de conception. Cette porte d'entrée, nous offre, d'une part, des prises pour étudier et comprendre l'expression de nouvelles formes de relations entre agriculteurs et agronomes (ex. de nouvelles méthodes ou de nouvelles représentations qui témoignent de nouvelles formes de collaboration ?), et d'autre part, car les raisonnements et leurs instrumentations constituent eux-mêmes des espaces d'invention qui peuvent être investis en agronomie (ex. quelles nouvelles méthodes, nouveaux modèles sont à inventer aujourd'hui ?).

Différentes théorisations des activités de conception ont été proposées dans la littérature ; beaucoup prennent racine sur les propositions de Simon qui dans les années 1960 introduit ce qu'il appelle une 'science de l'artificiel' (Simon, 1969). Les travaux suivants ont enrichi, discuté voire remis en cause certaines de ces propositions, notamment en introduisant de nouvelles notions, de nouvelles modélisations (ex. Yoshikawa, 1981 ; Reich, 1995 ; Gero et Kannengiesser, 2008).

Dans ce travail, nous avons fait le choix de nous référer à deux champs de travaux dans les design sciences : la théorie Concept-Knowledge (CK) (Hatchuel et Weil, 2002, 2003, 2009) qui nous fournit des repères heuristiques pour appréhender certains processus en jeu dans les raisonnements sous-jacents à l'étude de pratiques, en relation avec la conception de prescriptions en agronomie ; et les travaux de Schön (1983) qui nous fournissent des repères pour penser les relations entre les situations, les actions et la conception d'un nouvel objet.

2.1. Des repères heuristiques sur les raisonnements de conception : éléments de la théorie CK

Nous avons choisi de nous référer à la théorie CK, développée par Hatchuel et Weil (2002, 2003, 2009), pour plusieurs raisons : (i) à la différence d'autres propositions théoriques, la théorie CK s'ancre sur de nombreux travaux empiriques (Le Masson et al., 2006 ; Agogué et Kazaçi, 2013) ; (ii) cette théorie embrasse de nombreux points de convergence avec des propositions théoriques antérieures ou contemporaines prenant le même angle de vue (Agogué et Kazaçi, 2013), (iii) elle présente l'intérêt de proposer une représentation visuelle permettant de rendre compte de la dynamique du processus de conception, voire de la gérer, (iv) les auteurs proposent un langage dédié, et unifié autour de cette théorie, sur lequel nous prendrons appui, et enfin, (v) pour notre travail, cette théorie rend explicitement compte des jeux entre processus épistémiques et émergence progressive d'un nouvel objet.

Les fondements de la théorie CK s'ancrent à la fois sur les propositions théoriques développées depuis les années 1970, sur l'étude des activités de conception de figures emblématiques de concepteurs (artistes, architectes, ingénieurs), et sur des travaux empiriques, avant tout dans le domaine de l'industrie. Hatchuel et Weil (2002, 2003, 2009) proposent une théorie du raisonnement de conception et

introduisent un nouveau langage, visant notamment à clairement différencier les raisonnements de conception des raisonnements de décision. En effet, ils montrent qu'une activité de décision s'opère dans un ensemble fini de propositions, alors que la conception vise l'émergence d'un objet qui n'existait pas au préalable. Aussi, c'est pour rendre compte du fait que la conception s'opère dans un ensemble « *indéfiniment expansible* » que ces auteurs introduisent la notion **d'expansion**, qui, comme ils l'expliquent, est indissociable de la notion de « **K-relativité** », c'est-à-dire que l'expansion (ce qui sera nouveau) est subordonnée au regard et aux connaissances du concepteur (l'expansion n'est donc pas un statut universel ou objectif). Ces auteurs se réfèrent aux objets conçus, à concevoir ou en cours d'émergence en introduisant la notion '**d'identité des objets**' qui, selon eux, évolue au cours du processus de conception : l'objet acquiert ce qu'ils appellent de nouvelles '**propriétés**', qui se réfèrent à des régimes formels (ex. les structures physiques de l'objet, le langage mobilisé pour le nommer) et des régimes de valeurs (ex. la plurifonctionnalité de l'objet, l'environnement dans lequel il prend vie), autant de dimensions qui permettent de tracer ou de penser sa conception (Hatchuel, 2005). Dit autrement, l'identité des objets se réfère à ce que sont ces objets, leur composition, leur forme, leurs fonctions, les actions qu'ils permettent de réaliser....

Pour rendre compte de la dynamique par laquelle émergent ces nouveaux objets, Hatchuel et Weil (op.cit.) introduisent les notions de **partitions restrictives** et de **partitions expansives**. Les premières sont présentes également dans les raisonnements de décision. Elles visent à restreindre l'espace des possibles, c'est-à-dire à faire des choix, sans pour autant modifier la définition ou les propriétés de base de l'objet en cours d'émergence (c'est-à-dire qu'on ajoute une propriété à l'objet qui est dans le champ de ce qu'on connaît déjà). Les partitions expansives, en revanche, sont propres aux activités de conception, puisqu'elles modifient la définition de l'objet à concevoir (ex. un bateau qui vole). Aussi, comme ils le montrent, ce processus est indissociable d'un **processus de production de connaissances**, puisqu'appréhender les partitions expansives implique de faire intervenir les connaissances que nous détenons sur les objets et d'en produire de nouvelles. Ainsi, le **mécanisme de partition expansive** constitue le moteur élémentaire de la conception. Ces auteurs identifient deux conditions à ces partitions expansives : (i) le fait que l'ensemble des propositions dont on dispose ne soit pas 'complet', cet ensemble est donc expansible, et ces expansions s'opèrent dans ce qu'ils appellent **l'espace des concepts**, et (ii) la partition s'opère à partir de connaissances extérieures à ce premier ensemble, ce qu'ils appellent **l'espace des connaissances** (espace qui se réfère avant tout aux connaissances explicites, mais embarque aussi, pour les auteurs, les connaissances tacites ou sensibles, l'action, ainsi que les connaissances relatives à l'évaluation des objets conçus...).

Une **connaissance** est, pour eux, une proposition ayant un statut logique (quelle que soit la logique), alors que les **concepts** sont des propositions sans statut logique (une proposition qui peut être vraie, fausse, incertaine, indécidable). Un concept évoque donc une proposition '**inconnue**' relativement à la connaissance disponible. La notion de '**concept**' renvoie ici à l'usage du terme fait par des architectes,

designers ou ingénieurs, qui parlent d'un concept pour désigner une proposition novatrice à partir de laquelle on initie un travail de conception. Aussi, formuler un concept implique d'être face à une incapacité de choisir parmi les solutions connues, c'est-à-dire que ce qu'on connaît de l'existant ne nous satisfait pas, et induit une volonté de créer du nouveau.

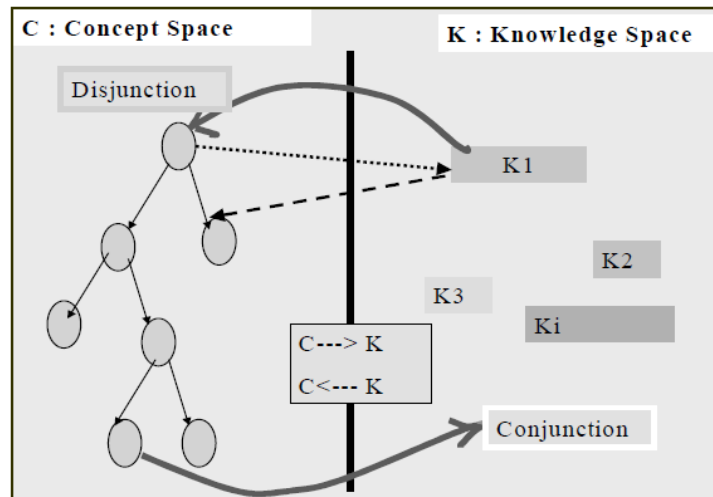


Figure 5. Modélisation d'un raisonnement de conception - théorie CK (d'après Hatchuel et Weil, 2003)

L'introduction des deux espaces (concepts et connaissances – voir Figure 5) permet de spécifier des **opérateurs génériques de raisonnement** qui mettent en mouvement le processus de conception, débouchant sur la définition progressive de ce que sera un nouvel objet.

Deux premiers opérateurs génériques se réfèrent à l'initiation du processus et à ce que le concepteur pense être la fin du raisonnement de conception. Le premier est un opérateur de **disjonction** : qui implique la formulation d'un problème, mais un problème qui s'apparente à un concept, c'est-à-dire qui soit '**inconnu**' et '**désirable**'. Le second est un opérateur dit de **conjonction** qui, au sens de la théorie CK, est le moment où nous savons ce qu'est l'objet conçu, qui devient une proposition 'logique' et qui peut être nommé.

Les autres opérateurs visent à rendre compte de la dynamique du processus, autrement dit des différentes opérations, les actions qui rendent possible l'émergence progressive de l'identité du nouvel objet. Certaines sont des '**partitions**', c'est-à-dire qu'elles permettent de progressivement stimuler les expansions des concepts, en leur ajoutant des attributs. D'autres opérations sont nommées « **K-validation** » et « **expansion de K** ». La K validation suppose la définition d'une épreuve (ex. une expérimentation), par laquelle une proposition (un concept) peut progressivement 'prendre sens' et être affinée ; et, en relation, l'expansion des K se rapporte à l'acquisition de connaissances nouvelles, voire à leur (ré-)organisation dans l'optique de stimuler l'exploration des concepts, d'affiner des propositions, d'identifier des alternatives... Signalons enfin l'opération de **départition**, qui consiste à revisiter le concept initial en remontant en arrière : c'est une expansion inversée.

Au long de cette recherche, nous nous appuyerons sur les repères et le langage que nous fournit la théorie CK pour repérer, rendre explicite voire stimuler des activités de conception en agronomie, et leurs relations à des études de pratiques innovantes d'agriculteurs (ex. stimulent-elles les expansions ? La formulation d'un inconnu désirable ?...).

2.2. Des repères heuristiques sur les relations entre conception, action et situation

Nous avons aussi choisi de présenter ici des travaux de Schön (1983), qui nous offrent des repères pour penser les relations entre conception, action et situations, et nous offrent donc d'autres prises pour penser les relations entre 'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs' (situées et en prise avec l'action) et la conception de nouveaux objets en agronomie.

Les travaux de Schön (1983) et Schön et Wiggins (1992), qui viennent aussi enrichir les travaux de Simon, ont été précurseurs d'autres approches développées ensuite (ex. Gero et Kannengiesser, 2008). Son approche des activités de conception se construit par l'observation de concepteurs dans leur situation, lors de processus en train de se faire. Il considère que les situations et le travail des concepteurs évoluent, en interaction, pour faire exister un nouvel objet. Il propose une théorisation de la conception comme une '*reflective conversation with the situation*', dans laquelle il positionne la situation d'action et sa matérialité au cœur du processus de conception, et montre que c'est dans et par l'action qu'évolue le processus par lequel émerge un nouvel objet. Cette proposition part du constat qu'on ne peut pas imaginer toutes les dimensions d'un objet avant d'avoir agi, que c'est l'action qui permet de découvrir certaines dimensions et, ainsi, de gérer la complexité de l'objet en cours d'émergence.

Schön désigne ce processus au travers de l'expression « *seeing-moving-seeing* », pour se référer à l'activité par laquelle le concepteur entre '*in transaction*' avec une situation de conception, qu'il répond à ses demandes, ses possibilités, ce qui en retour l'aide à concevoir. Plus précisément, il montre qu'au cours de ces « *seeing-moving-seeing* », ce sont les observations du concepteur qui lui permettent de produire des jugements qualitatifs sur les situations, en détectant des 'désirables' ou des 'décalages'¹⁹. Il insiste sur l'importance de distinguer le jugement a priori, en amont de l'action et celui qui s'opère au cours de celle-ci et passe donc nécessairement par sa réalisation. Il montre que la conception est guidée par des intentions, et que le mouvement est la réalisation de certaines d'entre elles. Mais il montre aussi que par le « *seeing-moving-seeing* », on détecte des conséquences attendues et inattendues qui permettent de faire émerger ou préciser certaines intentions. Ainsi, pour lui, la conception va au-delà de la formalisation et de la réalisation d'une intention, et il insiste sur l'importance de certaines conséquences inattendues : on commence avec l'intention de faire quelque chose, et on réalise, au cours de l'action, qu'on a aussi fait autre chose (nouvelle conséquence non prédite). Schön considère que c'est

¹⁹ Qui relèvent pour lui du sensoriel, de l'action, du jugement cognitif.

la capacité à reconnaître de nouvelles configurations qui donne accès à un système d'appréciation (qui est propre à chaque concepteur, et/ou au groupe dans lequel il s'insère, liées aux normes, valeurs, croyances, ...). Ainsi, l'intention du concepteur se développe en conversation avec la situation, selon un processus qui fait évoluer l'objet conçu : on juge dans le contexte, et on identifie des choses qu'on trouve désirables. Parfois ce jugement, positif ou négatif, est porté tacitement, sans être en mesure de mettre des mots dessus. Au cours du « *seeing-moving-seeing* », le concepteur ne fait pas que capitaliser des informations mais aussi construit leurs significations, identifie des modèles et leur donne des significations.

Schön (op.cit.) considère que le fait de faire un mouvement – agir, puis voir, porter un jugement – est une forme d'expérimentation²⁰ ; il faut agir pour se rendre compte si cela a marché. La matérialité de la situation s'incarne aussi pour lui dans les objets matériels que manipule le concepteur, dont le choix peut être arbitraire ou non (selon les contraintes, disponibilités...). Le concepteur 'joue' avec ce matériel, qui a lui-même son propre comportement et lui répond, et contribue à la formation d'appréciations. Schön insiste ainsi sur l'importance de ce qu'il appelle les prototypes, qui sont, pour lui, des objets matériels qui portent la mémoire d'expériences passées. Face à une tâche de conception particulière, le concepteur a accès à des répertoires de prototypes, qu'il choisit en relation avec les spécificités de sa situation, et des opportunités et contraintes qu'il découvre en faisant. Pour lui, ces prototypes sont porteurs de règles, dont l'interprétation repose sur les lectures contrastées que pourront en faire différents concepteurs. Dans les travaux de Schön, les connaissances en conception sont des 'connaissances dans l'action', qui sont révélées dans et par la conception, ce qui implique qu'elles soient pour beaucoup tacites : les concepteurs en savent plus que ce qu'ils peuvent dire, et ils ne peuvent y avoir accès qu'en faisant (ce qui implique qu'on ne peut pas tout rendre explicite).

Nous retiendrons les propositions de Schön dans ce travail comme repères pour penser le rapport aux situations et à l'action en cours de conception, et pour discuter du rôle de l'étude de pratiques innovantes dans les activités de conception en agronomie.

²⁰ Notons que ses travaux s'inspirent des approches développées par le pragmatisme.

Conclusion de la section 2.

En explorant cette littérature, nous avons posé que l'étude des relations entre conception et étude de pratiques innovantes, dans notre recherche, prendra comme porte d'entrée l'analyse des raisonnements des acteurs impliqués dans ces processus et de leur instrumentation.

En effet, nous considérons que les raisonnements et leur instrumentation peuvent à la fois être des marqueurs de l'expression des relations entre agronomes et agriculteurs (ex. des méthodes qui suggèrent des formes de collaboration particulières), et des espaces dans lesquels peuvent s'exprimer et être inventées des relations entre étude de pratiques innovantes et conception en agronomie.

Aussi, les travaux que nous avons présentés dans la section 2 nous offrent des repères heuristiques pour appréhender des processus qui façonnent les activités de conception (l'émergence de l'identité d'un nouvel objet, le rôle de l'agir en situation pour stimuler l'exploration, l'importance de la dynamique de production de connaissances au sein du processus...) ce qui nous aidera à les repérer, les analyser voir à les stimuler.

Encadré 1. Repères sur les principaux acteurs de la recherche et du développement agricole en France.

Extraits de : L'avenir du système de recherche et développement agricole français à l'horizon 2025 : étude prospective (Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, 2017).

« Le système de R&D agricole français est constitué par plusieurs catégories d'acteurs, on trouve :

- **Les acteurs de la recherche publique finalisée** - qui participent à la production, au partage et à la diffusion de connaissances scientifiques, au transfert de technologies et offrent un appui aux politiques publiques. Les acteurs de la recherche finalisée participent également à l'enseignement et à la formation d'ingénieurs et de chercheurs (l'INRA, l'Irstea, des chercheurs des établissements de l'enseignement supérieur agronomique, le CIRAD, l'IRD, le CNRS, l'INSERM...),

- **les acteurs privés** - toutes les organisations non publiques et non soutenues par des financements publics qui proposent des services de conseil aux agriculteurs (les coopératives agricoles, les négoce agricoles, les entreprises de l'agrofourmiture, de l'agroalimentaire, les cabinets de conseil indépendants et les associations de producteurs...),

- **Les instituts techniques agricoles** - sont des structures de recherche de droit privé (associations de loi 1901 ou Centres Techniques Industriels) reconnues par l'état au travers de leur qualification et par la signature entre l'ACTA, tête de réseau des ITA, et le Ministère chargé de l'agriculture d'un contrat d'objectifs pluriannuel visant à répondre aux priorités du monde agricole et rural. (...) 15 instituts techniques sont qualifiés, spécialisés par filières de productions (céréales, bovins, porcs, aviculture, fruits et légumes, horticulture ornementale, vigne et vin...). Leurs missions, portant sur des thématiques variées se rapportent à : Assurer l'interface entre la recherche et le développement ; Conduire des projets de recherche appliquée et finalisée ; Expertiser pour éclairer les décisions professionnelles et publiques ; Transférer et diffuser les résultats de la recherche; Concourir à la définition objective de la qualité des produits dans le cadre de procédures de normalisation, de certification, et de qualification ; Réaliser des missions ponctuelles à la demande des interprofessions ou des contrats privés de type prestations de service.

- **Le développement et conseil agricole** – qui comprend trois types d'organisations :

(i) Les chambres d'agriculture – sont des établissements publics, sous tutelle du Ministère de l'agriculture et des organismes consulaires de développement, dirigés par des élus professionnels représentant les différentes catégories d'acteurs de l'agriculture. Elles constituent en 2015 un réseau de 88 Chambres départementales, 21 Chambres régionales ou de région, une tête de réseau. (...) Les objets des Chambres d'agriculture sont : d'accompagner le développement des agricultures dans tous les territoires par l'animation de groupes d'agriculteurs, la réalisation de formations et d'actions de conseil, de représenter les intérêts du secteur agricole auprès des pouvoirs publics, de mener à bien, par délégation de l'Etat, des missions de service public auprès des agriculteurs et des territoires. Leurs champs d'intervention sont variés : appui à l'installation et aux entreprises agricoles ; conseil technique ; animation territoriale ; acquisition de références notamment par une implication forte dans l'expérimentation et dans des projets de R&D...

(ii) Les ONVAR (Organismes Nationaux de Vocation Agricole et Rural) regroupent des associations nationales, têtes de réseaux d'associations ayant une action locale, via des associations départementales, des groupes locaux ou « groupes de base » (AFIP, FNCIVAM, Inter AFOCG, le MRJC...). Ces associations travaillent sur l'agriculture, mais plus largement sur des initiatives de développement rural.

(iii) Les cabinets de conseil privés - offrent des prestations aux agriculteurs dans divers domaines : en conseil technique, en gestion comptable et certains ont développé leur activité autour de l'accompagnement stratégique et la gestion des ressources humaines (...) il s'agit souvent de structures PME. »

3. Explorer les relations entre étude de pratiques innovantes et conception en agronomie : itinéraire et questions de recherche

Les deux premières sections ont permis de (1.) clarifier ce que sont des activités de conception en agronomie et les formes que prend l'étude de pratiques d'agriculteurs, et (2.) d'identifier des repères heuristiques pour appréhender les relations entre ces deux activités. Dans cette section nous présenterons le design de cette recherche, et les déclinaisons opérées de notre objet de recherche.

Nous proposons dans un premier temps de faire un point sur le cadrage général du sujet de thèse (§3.1). Puis nous présenterons le cheminement de la recherche, donnant lieu à une articulation de questions et de méthodes mises en œuvre au cours de cette thèse (§3.2).

3.1. Eléments de cadrage de la recherche : une entrée par les raisonnements de conception

Les activités de conception en agronomie

Nous considérons que concevoir est un processus au cours duquel émerge et se définit l'identité – donc les propriétés - d'un nouvel « objet » qu'un concepteur (ou un collectif de concepteurs) souhaite faire exister : i.e. ce qu'est cet objet, sa composition, l'usage qui peut en être fait, par qui, quand, dans quelles conditions, etc. Les concepteurs (nous nous intéresserons à des acteurs de la R&D d'horizons variés – **Encadré 1**) s'engagent dans ce travail en relation avec une intention de changement, propre à leur sensibilité, leur expérience, leurs collaborations et leurs projets, que l'on peut exprimer sous la forme d'un 'inconnu désirable'. Nous retenons qu'un processus de conception est intrinsèquement dynamique, c'est-à-dire que la définition d'un nouvel objet (et de ce qui fait « inconnu désirable »), s'opère, dans le temps, au travers d'itérations entre la spécification de ses propriétés et l'acquisition de connaissances, dans et par l'action située. Ce processus n'est que partiellement prédictible, puisque soumis aux aléas des situations dans lesquels il s'opère, qui peuvent être parfois routinières, parfois surprenantes. Les processus de conception en agronomie sont instrumentés, les concepteurs mobilisent des méthodes, des représentations simplifiées des agroécosystèmes, de l'action des agriculteurs (modèles conceptuels), ... Et le choix de ces instruments peut influencer l'évolution du processus de génération de prescriptions.

Nous avons choisi d'appréhender l'expression des relations entre étude de pratiques innovantes et conception en agronomie, en entrant par les processus épistémiques, les méthodes, les représentations / les modèles, les instruments scientifiques, ... qu'inventent, génèrent et mobilisent des agronomes au cours de ces activités.

Qualifier les prescriptions et appréhender l'étude de pratiques innovantes

Concevoir en agronomie implique un rapport de prescription avec des agriculteurs (Figure 6), puisque ce processus est engagé dans l'optique de soutenir des dynamiques de changement en ferme. Comme des termes variés sont employés pour désigner les objets conçus en agronomie (outils d'aide à la décision,

règles de décisions, itinéraires techniques...), nous proposons de nous y référer au long de ce travail en parlant, selon le contexte, de ‘*prescriptions*’ ou de ‘*contenus agronomiques/objets à visée prescriptive*’, puisqu’ils ont en commun d’incarner une intention de contribuer à l’évolution des pratiques d’agriculteurs (i.e. l’évolution de ce qu’ils font, leurs façons d’agir).

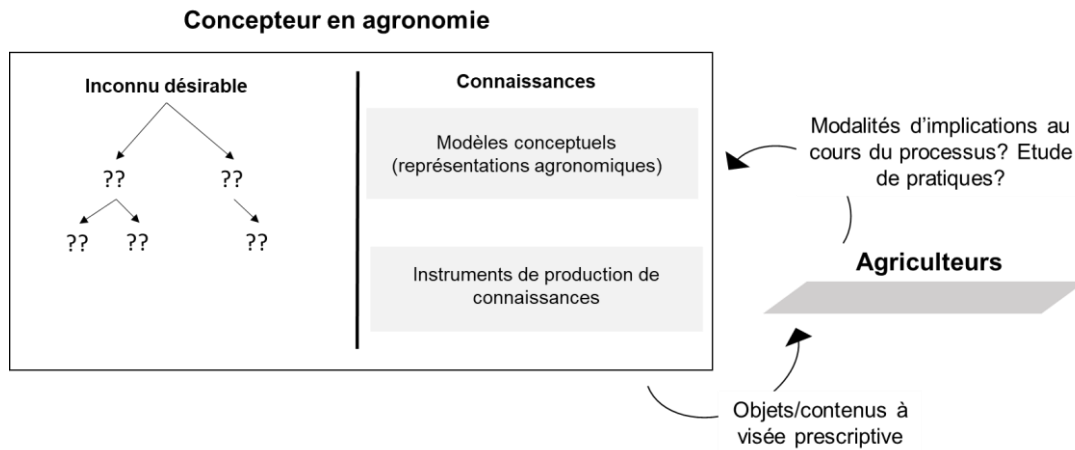


Figure 6. Eléments engagés dans un processus de conception en agronomie : les modèles conceptuels, les instruments de production de connaissance (adapté de Hatchuel et Weil, 2003) et l’expression de rapports de prescription avec des agriculteurs.

Les agriculteurs peuvent être impliqués de différentes façons dans des dynamiques collectives de conception, et l’étude de pratiques innovantes est l’une des expressions de certains rapports de prescription. Etudier des pratiques, en agronomie, engage des intentions, des représentations, des processus épistémiques, des rapports aux situations, à l’action et aux agriculteurs, qui peuvent être contrastés et sont intimement liés aux personnes qui décident de s’engager dans ce travail. Nous retiendrons que l’étude de pratiques vise aujourd’hui avant tout à rendre compte de régularités dans ce que font les agriculteurs : on cherche à déterminer des types de fonctionnement d’exploitations, à regrouper des agriculteurs ayant des pratiques voisines, à réaliser des diagnostics agronomiques visant à éclairer les pratiques à modifier... Les travaux qui considèrent les pratiques des agriculteurs pour leur singularité, leur caractère innovant, sont en revanche plus rares. C’est à ce type d’approches que nous nous intéresserons, avec l’hypothèse qu’elles contribuent à stimuler des activités de conception dans le contexte contemporain. Nous choisissons d’appréhender le caractère ‘innovant’ des pratiques, dans les cas que nous étudierons, du point de vue des acteurs qui les qualifient ainsi : dit autrement, nous chercherons à faire expliciter aux acteurs qui étudient les « pratiques innovantes » ce qui, pour eux, fait ‘innovant’.

Lorsque nécessaire, nous nous appuyerons sur les notions et concepts développés en agronomie système pour désigner et nommer certaines méthodes ou certains objets (ex. nous mobiliserons le concept de système de culture, Sebillotte, 1990). Nous choisissons de nous référer à la proposition de Tessier (1979), enrichie par Landais et al. (1988), pour désigner ce qui, pour nous, fait ‘*pratique d’agriculteur*’ à savoir :

« les manières de faire dans une optique de production (...) les manières concrètes d'agir des agriculteurs ». Cette définition offre, pour notre étude, et dans le contexte actuel, plusieurs intérêts :

- elle ne fige pas a priori la manière dont peuvent être étudiées ces pratiques, laissant ainsi les méthodes d'étude émerger de nos observations, du terrain ;

- elle insiste sur le fait que la pratique d'un agriculteur est un évènement situé, lié à l'action dans un contexte spécifique et qui inclut une dimension temporelle (Blanc-Pamard et al., 1992), ainsi les pratiques ne peuvent pas être résumées à des connaissances explicites, figées ;

- Telle que définie par Landais et al. (1987), par comparaison à la notion de technique, elle permet de distinguer les activités des agriculteurs de celles des prescripteurs : « *la pratique est de l'ordre de l'action (...) La technique est un modèle conceptuel (...) Elle n'acquiert cette dimension de modèle que parce qu'elle est décrite in abstracto sans référence à une situation concrète, ce qui la rend transmissible.* »

3.2. Questions et itinéraire de recherche

Explorer la littérature sur ce qu'est 'concevoir' en agronomie nous a permis de constater la diversité des modalités d'implication des agriculteurs au cours de ces processus (ex. on les implique pour fournir des informations versus on les accompagne dans le changement). Mais nous n'avons pas trouvé de travaux qui évoquent les implications de la manière de conduire l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs dans les processus de conception. En retour, la littérature sur l'étude de pratiques d'agriculteurs évoque souvent les relations avec une activité de conception, mais parmi les différentes approches existantes aujourd'hui, on a peu de recul sur ce que différentes manières de conduire ces études (représentations mobilisées, démarches d'analyse...) induisent pour les activités de conception, pour les propriétés des prescriptions générées et, plus largement, pour les acteurs impliqués.

Ainsi, par ce travail, nous proposons d'explorer la question de recherche suivante :

Comment et dans quelles situations l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs stimule-t-elle des activités de conception en agronomie ?

Dans ce travail, nous appréhendons les relations entre conception et étude des pratiques innovantes d'agriculteurs en nous appuyant sur l'hypothèse que cette dernière est une voie empruntée par des concepteurs pour enrichir, de différentes façons, des activités collectives de conception en agriculture. Nous proposons d'appréhender ces relations (i) par l'étude des raisonnements qu'elles engagent (et leur instrumentation) qui, pour nous, se construisent et évoluent dans et par l'action située, et en lien avec les intentions, les projets, les envies des concepteurs concernés et (ii) par l'étude des prescriptions

généérées et mises en circulation (i.e. les contenus agronomiques que des concepteurs en agronomie décident de mettre en partage avec des agriculteurs).

Cette thèse poursuit deux objectifs, intimement liés et qui ont guidé la construction et la réalisation de notre itinéraire de recherche : le premier, théorique, est de contribuer à la compréhension des relations entre ‘étude des pratiques innovantes d’agriculteurs’ et ‘activités de conception en agronomie’, et en particulier en lien avec les enjeux contemporains de l’agriculture. Ce premier objectif est indissociable d’un second, qui est d’identifier des pistes de réflexivité et des repères pour agir pour les personnes souhaitant s’engager dans l’étude de pratiques innovantes d’agriculteurs dans un projet de conception.

Nous avons exploré cette question générale de thèse au travers de 4 sous-questions plus spécifiques (Figure 7). Nous détaillerons les méthodes déployées pour répondre à chaque sous-question dans les chapitres de résultats.

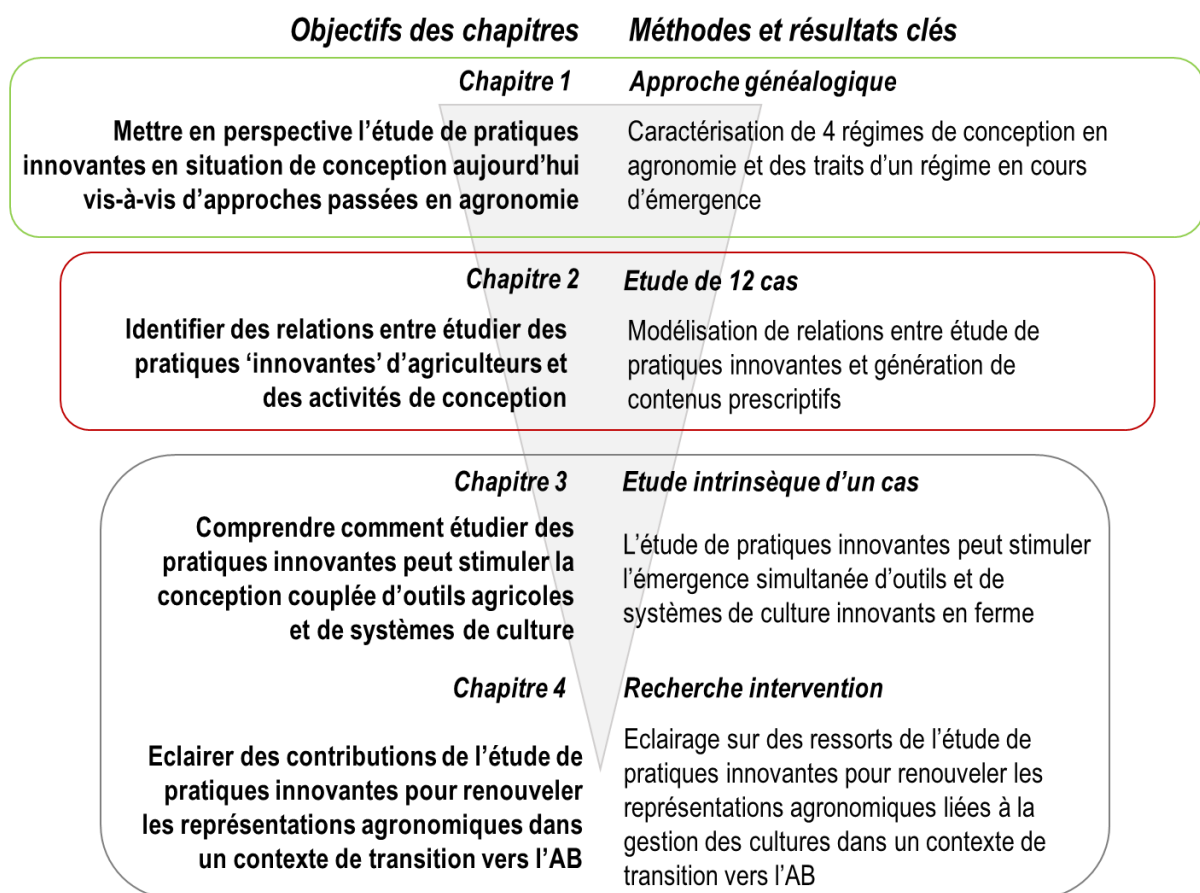


Figure 7. Organisation de la démarche de recherche et du manuscrit

Chapitre 1 : approche généalogique

Dans le § 1. de cette partie « Problématique », nous avons constaté qu'en agronomie, une diversité de manières de concevoir et d'étudier des pratiques d'agriculteurs existent aujourd'hui, sans pour autant que les liens entre ces deux activités, dans leur diversité, aient été étudiés. L'objectif du chapitre 1 des résultats sera de mettre en perspective ces approches contemporaines, dans leur diversité, avec des approches historiques de la conception en agronomie. Pour ce faire, nous avons fait le choix d'une approche généalogique : nous faisons l'hypothèse que revenir aux racines de l'émergence de différentes approches de conception en agronomie permettra de mieux comprendre l'origine de différenciations existant aujourd'hui, et les enjeux relatifs à l'étude de pratiques 'innovantes' d'agriculteurs dans le contexte contemporain. Dans ce chapitre 1 de résultats, nous explorerons la question suivante :

Quelles ont été les différentes approches pour 'concevoir' en agronomie, et, y étudiait-on des pratiques d'agriculteurs ?

Dans ce premier chapitre, nous montrons que, dès les fondements de l'agronomie, au 18^{ème} siècle, les agronomes se sont inspirés de pratiques d'agriculteurs pour générer des prescriptions visant à transformer les manières d'agir pour produire ; puis, en lien avec l'évolution de la discipline, l'étude des pratiques est devenue marginale dans les travaux. Nous spécifions ce résultat en caractérisant 5 régimes archétypiques de conception, émergeant en France du 18^{ème} au 21^{ème} siècles, et nous montrons que le rapport aux pratiques d'agriculteurs se renouvelle aujourd'hui en agronomie, en réponse aux enjeux actuels. C'est ce renouvellement que nous approfondissons ensuite au travers de l'étude de plusieurs initiatives contemporaines.

Chapitre 2 : Etude de 12 cas

Dans le second chapitre, nous avons choisi de nous intéresser à des initiatives contemporaines, dans lesquelles des acteurs de la R&D étudient des pratiques qu'ils jugent innovantes d'agriculteurs – donc a priori inconnues - en soutien à des dynamiques de changement. Notre objectif dans ce chapitre sera, par l'étude transversale de 12 initiatives, de mettre à jour ce qui stimule l'initiation de l'étude de ces pratiques, et, surtout, de caractériser des raisonnements à l'œuvre dans ces opérations. L'étude des 12 initiatives nous permettra d'explorer la question suivante :

Comment et dans quelles situations étudie-t-on aujourd'hui des pratiques innovantes d'agriculteurs au cours d'activités de conception?

Cette étude, présentée dans le chapitre 2, nous permettra de rendre compte de processus épistémiques clés, sous-jacents à l'étude de pratiques innovantes, et au cours desquels les concepteurs outillent leurs

explorations dans l'inconnu. Nous rendrons aussi compte de relations entre les raisonnements engagés et différents types de contenus agronomiques prescriptifs mis en circulation par les concepteurs à partir de ce qu'ils ont appris des pratiques innovantes.

Chapitre 3 et 4 : étude intrinsèque d'un cas et recherche intervention

Nous avons ensuite choisi de focaliser notre travail sur deux initiatives portées par des acteurs de la R&D agricole, afin d'approfondir certains résultats issus du panel de cas précédent, d'en faire émerger de nouveaux et de nous mettre en situation de conception, au travers d'une recherche intervention.

Nous avons d'abord porté notre attention sur des activités de l'Atelier Paysan, une initiative que nous avons découverte au cours de l'étude du panorama précédent. Le projet de l'Atelier Paysan est de contribuer à stimuler la conception en ferme d'outils agricoles pour une « agriculture biologique et paysanne », un champ de conception jusque-là orphelin de travaux de recherche et développement publics. Pour ce faire, l'Atelier Paysan organise le recensement de pratiques innovantes d'agriculteurs, dont il stimule parfois l'émergence en ferme.

Notre objectif, par l'étude de ce cas, sera de mieux comprendre comment, par l'étude de pratiques innovantes, l'Atelier Paysan stimule l'émergence d'une diversité d'objets innovants, notamment des outils et des systèmes techniques appropriés en ferme, mais aussi des contenus prescriptifs. L'étude de ce cas nous permettra d'explorer la question suivante :

Comment l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs stimule-t-elle la conception simultanée d'outils et de systèmes de culture en ferme ?

Cette étude, présentée dans le chapitre 3, nous permettra de rendre compte de la façon dont l'Atelier Paysan articule trois voies d'exploration de pratiques innovantes, en soutien à la conception d'outils en ferme. Et les résultats rendent compte du fait que l'étude de pratiques innovantes au cours de leur émergence en situation, contribue à stimuler la conception couplée d'outils et de systèmes de culture adaptés à différentes situations d'agriculteurs.

Enfin, nous nous sommes intéressées au projet VivLéBio, porté par Agro-Transfert Ressources et Territoires, au moment de son initiation. En particulier, l'une des tâches de ce projet visait à mettre en œuvre une étude de pratiques innovantes, avec l'hypothèse que ce travail permettrait d'enrichir la conception de modalités de gestion des adventices vivaces en AB dans la région des Hauts-de-France. Notre objectif dans ce chapitre sera d'étudier les contributions d'une étude de pratiques innovantes dans l'exploration d'un champ de conception qui, cette fois-ci, a fait l'objet de nombreux travaux de R&D (la gestion des adventices vivaces). En particulier, au travers d'une recherche intervention, nous aurons l'occasion de suivre en détail la construction de relations entre la réalisation de l'étude de pratiques innovantes et les expansions induites dans les raisonnements de conception. Par cette recherche intervention nous avons exploré la question suivante :

Comment s'appuyer sur l'étude de pratiques innovantes pour enrichir les représentations agronomiques dans un contexte de transition vers l'AB ?

Ce travail, présenté dans le chapitre 4, nous permettra de rendre compte de mécanismes d'articulation entre étude de pratiques et activités de conception, dans l'optique de stimuler le renouvellement de représentations agronomiques, et d'ouvrir de nouvelles voies de conception de contenus agronomiques à visée prescriptive.

PARTIE 2 – RESULTATS

Chapitre 1. Généalogie de différents régimes de conception en agronomie

Ce chapitre de résultat a fait l'objet d'une publication dans la revue Agricultural Systems (annexe 1)

Salembier, C., Segrestin, B., Berthet, E., Weil, B., Meynard, J.M., 2018. Genealogy of design reasoning in agronomy: Lessons for supporting the design of agricultural systems. *Agric. Syst.* 164, 277–290.

1. Eléments d'introduction

La littérature portant sur les activités de conception croit fortement en agronomie, ces dernières décennies (cf. Problématique) : on rend compte de processus de conception, on propose des méthodes, des instruments pour rationaliser ces activités, et différents auteurs insistent sur l'enjeu de faire évoluer les 'façons de concevoir' en accord avec l'évolution des enjeux en agriculture.

En particulier, souvent en référence au projet collectif de l'agroécologie, on s'interroge sur : comment prendre en compte, au cours de la conception de systèmes agroécologiques, des équilibres naturels peu prédictibles et en partie inconnus (Jeuffroy et al., 2014 ; Thornton, 1990) ? Quelles représentations des processus agronomiques permettent d'imaginer des systèmes affranchis des intrants de synthèse? Quelles prescriptions générer pour appuyer ces changements ?...

Ces questions sont posées dans un contexte de reconfiguration de l'action collective en agriculture, dans lequel émergent de nouvelles formes d'organisation de la production de connaissances qui viennent bousculer les fondements de modèles ancrés historiquement (Joly, 2017 ; Goulet, 2018 ; Compagnonne et al., 2018). Dans cette dynamique, en agronomie, c'est notamment le rapport aux agriculteurs qui est en question : on discute la place et le rôle qu'ils prennent ou devraient prendre au cours de processus de conception impliquant des acteurs de la R&D. Dans ce sens, on trouve des revues de littérature, qui identifient et confrontent, à un moment donné, différents travaux impliquant des agriculteurs au cours de processus de conception. On peut de nouveau citer : Le Gal et al. (2011), qui identifient deux types de rapports aux agriculteurs en situations de conception 'design oriented methods' et 'design support methods', Lacombe et al. (2018) qui classent des travaux en relation avec des apprentissages plausibles que les agriculteurs pourraient faire au cours de processus de conception en fonction de leurs

implications ; ou encore Martin et al. (2013) qui rendent compte de dynamiques de participation contrastées au cours de processus de conception assistés par modèles informatiques. Ces revues offrent des clés de réflexivité pour des agronomes qui souhaiteraient s'engager dans des processus de conception. L'exercice de la revue impose cependant aux auteurs de restreindre les comparaisons d'approches à des types de systèmes agricoles particuliers (ex. farming systems, Le Gal et al., 2011) et de focaliser leur analyse sur des corpus de textes récents.

Ce chapitre de thèse s'inscrit dans la lignée de ces travaux et propose deux angles de vue complémentaires :

- D'abord, en proposant de mettre en perspective les approches contemporaines avec des approches historiques de la conception en agronomie. Pour ce faire, ce travail suit une approche généalogique (Acquier et Aggeri, 2008; Labatut et al., 2011; Le Masson et Weil, 2013) : alors qu'une revue de la littérature vise à identifier et confronter différents travaux contemporains, cette approche permet de s'intéresser à l'historicité des manières de penser et de produire des connaissances. Comme l'expliquent Acquier et Aggeri (2008), cette approche permet une distanciation et invite à une prise de recul critique, en rendant compte des contingences historiques de pratiques contemporaines, dans l'optique de penser le futur.

- Ensuite, dans la lignée de travaux comme ceux de Prost (2008), Cerf et al. (2012), Berthet (2013) ou Martin et al. (2013), nous nous appuyons sur des avancées récentes en design science (cf. partie 1) pour identifier et analyser les raisonnements agronomiques, et rendre compte de rapports de prescription contrastés avec des agriculteurs au cours de processus de conception.

On trouve de nombreux travaux portant sur l'histoire de l'agronomie, et qui rendent compte de différents régimes de production de connaissances dans des contextes socio-techniques, politiques et scientifiques contrastés (ex. Denis, 2001 ; Jas, 2001 ; Cornu, 2012 ; Tamian, 2008 ; Knittel, 2007, 2010). Comme l'expliquent Labatut et al. (2011) : « *la notion de régime a été employée pour repérer des régularités dans les modes de construction de savoirs scientifique et techniques* ». Ces auteurs citent les travaux de Gaudillière et Joly (2006) qui étudient des « *régimes de production de savoirs* » à partir de l'analyse de l'émergence d'innovations biotechnologiques ; ou encore les travaux de Geels (2002) qui proposent la notion de « *régime sociotechnique* » et étudient les trajectoires technologiques en prenant en compte les activités d'ingénieurs, d'usagers, de politiques et de scientifiques. Labatut et al. (2011) introduisent la notion de « *régime de sélection* », en s'intéressant à la fois aux dynamiques de production de connaissances et aux dimensions organisationnelles, politiques et marchandes structurant l'émergence de régimes de sélection génétique des animaux d'élevage.

Notre recherche prendra appui sur les travaux portant sur l'histoire de l'agronomie et rendant compte de différents régimes de production de connaissances. Notre angle de vue sera orienté sur les activités de conception en agronomie dans ces régimes, à savoir la manière dont des auteurs génèrent des

prescriptions pour l'action, et en particulier, la façon dont ils interagissent avec des agriculteurs au cours de ces processus (notamment au travers de l'étude de pratiques). Ainsi, nous proposons d'employer la notion de « *régime de conception* », définie par Segrestin et al. (2002) et Le Masson et al. (2017), pour nous référer aux activités de conception que nous identifierons dans différents régimes. Cette notion, telle qu'employée par ces auteurs, invite à s'intéresser conjointement aux relations entre des spécificités de raisonnements de conception et des modèles organisationnels associés (à savoir : les acteurs, l'organisation qui contribuent et permettent la réalisation de processus de conception).

Ainsi, nous faisons l'hypothèse que revenir aux racines de l'émergence de différents régimes de conception en agronomie permettra de mieux comprendre les enjeux relatifs à l'étude de pratiques 'innovantes' d'agriculteurs aujourd'hui.

Dans ce chapitre, nous explorerons la question de recherche suivante :

Quelles ont été les différentes approches pour 'concevoir' en agronomie, et, y étudiait-on des pratiques d'agriculteurs ?

Après avoir présenté la méthode de recherche mobilisée dans ce chapitre (§2), nous présenterons les résultats qui en émergent (§3) avant de les discuter dans une dernière section (§4).

2. Méthode de recherche

Comme le montre Denis (2001), dans l'histoire, on emploie différentes dénominations pour se référer aux auteurs des écrits qui, à l'aide des moyens scientifiques modernes, se sont engagés dans la génération de prescriptions en appui à l'évolution des pratiques en ferme : agriculteurs, physiciens agriculteurs, agronomes... Dans ce travail, nous nous référons à ces auteurs sous le terme de 'agronome'. Notre étude se focalise sur l'agronomie en France et nous évoquerons des dynamiques internationales lorsque nécessaire. La majorité des recherches auxquelles nous nous référons dans les dernières décennies se rapportent à des travaux en grandes cultures, dont les avancées ont été motrices dans l'évolution récente de l'agronomie (Bernard de Raymond et Goulet, 2014).

	1750, ...	1850, ...	1950, ...	1970, ...	2000, ...
Etudes sur l'histoire de l'agronomie rendant compte des inflexions épistémologiques	Denis, 2001, 2007; Bonneuil et al., 2008; Knittel, 2007; Robin et al., 2007	Bonneuil et al., 2008; Jas, 2001; Robin et al., 2007; Lefèvre, 2014; Boulaïne, 1992	Bonneuil et al., 2008; Bonneuil, Thomas, 2009; Norman, 2002; Spiertz, 2014	Cornu, 2012 et 2014; Norman, 2002; Tamian, 2008; Bonneuil, Thomas, 2009	Bonneuil, Demeulenaere, 2007; Bonneuil, Thomas, 2009
Principales sources de travaux étudiés en agronomie	Ouvrage d'auteurs connus et mémoires commanditées par les Sociétés savantes	<i>Annales agronomiques, Journal d'Agriculture pratique</i>	<i>Annales Agronomiques, Bulletin Technique d'information</i>	<i>Perspectives agricoles, Thèses de doctorat, revues scientifiques en agronomie</i>	Revue scientifique en agronomie, Littérature grise sur des démarches de conception

Tableau 2. Références mobilisées rendant compte des principales inflexions épistémologiques de la discipline et principales sources dans lesquelles nous avons exploré des travaux en agronomie.

Ce travail prend appui sur les travaux présentant des régimes de production de connaissances, en agronomie du 18^{ème} au 21^{ème} siècles (Tableau 2). C'est en effet au 18^{ème} siècle que Denis (2001) date l'émergence de premières formes d'organisation et l'institutionnalisation de la discipline en France.

Un enjeu dans ce travail a été de trouver des écrits à étudier, dans lesquels des agronomes génèrent des contenus prescriptifs en soutien à l'évolution des pratiques des agriculteurs car : (i) la majorité des travaux rapportent des résultats de recherche sur des phénomènes agronomiques (sans référence explicite à l'usage qui peut en être de ce qui est appris) et, (ii) dans les écrits, les raisonnements de conception sont souvent implicites (Martin et al., 2013 font aussi ce constat dans des travaux contemporains). Dans chaque régime de production de connaissance, nous nous sommes intéressés aux travaux d'agronomes connus pour leurs inventions (comme les travaux de Jean Hébert, qui a inventé la

méthode du bilan pour la fertilisation azotée), et à des travaux ayant fait l'objet d'études en histoire (ex. Mathieu Tillet, Denis, 2007). En complément, nous avons aussi exploré des ouvrages, revues scientifiques et techniques connues (et cités dans des travaux sur l'histoire de la discipline), qui constituaient les principales voies de publication en agronomie aux différentes époques. Nous avons focalisé notre étude sur des écrits dans lesquels nous pouvions retracer les activités de conception des auteurs et les prescriptions générées.

La grille d'analyse que nous avons mobilisée pour étudier les processus de conception qu'empruntent les auteurs des travaux étudiés prend appui sur les repères heuristiques que nous avons introduits dans la partie 1.3 de la thèse. Ainsi, pour chaque écrit, puis en croisant des traits communs des processus de conception entre les travaux, nous avons cherché à caractériser les dimensions suivantes :

Les intentions des concepteurs, c'est-à-dire ce qui motive la réalisation du travail dans lequel ils s'engagent (autrement dit ce qui fait 'inconnu désirable') en relation avec les situations dans lesquelles ils se trouvent: quelle est la situation problématique à laquelle répond le travail de conception ? Que cherchent-ils à générer et comment rendent-ils compte de ce projet ? Ou encore, que souhaitent-ils voir évoluer dans les pratiques des agriculteurs ?

Le processus de génération de prescriptions, c'est-à-dire le processus au travers duquel ils génèrent progressivement, par l'acquisition de nouvelles connaissances, des contenus agronomiques visant à appuyer l'évolution des pratiques d'agriculteurs : comment émergent et s'enrichissent les contenus agronomiques qu'ils produisent ? Comment s'y prennent-ils pour le faire ? Qu'est ce qui stimule l'évolution du processus (ex. des surprises, des résultats qui confirment des hypothèses). Pour ce faire, nous avons cherché à tracer (i) l'évolution de leurs modèles conceptuels (ex. quelles sont leurs représentations du champ cultivé, des pratiques) ? Comment considèrent-ils l'action des agriculteurs ?), (ii) les instruments de production de connaissances qu'ils mobilisent au cours du processus (ex. des expérimentations, des analyses de sol) et (iii) nous avons porté une attention particulière à la place et au rôle des agriculteurs au cours de ces processus (ex. étudie-t-on des pratiques d'agriculteurs ? Comment s'y prend-t-on et quelles sont les contributions de ce travail dans les raisonnements de conception ?).

Les contenus agronomiques générés, c'est-à-dire à la fois les contenus qui enrichissent les connaissances agronomiques, et les contenus à visée prescriptive (i.e. visant à soutenir l'évolution des pratiques d'agriculteurs, ex. une règle d'action).

Ainsi, chaque régime de conception que nous avons caractérisé rend compte de processus archétypiques de conception en agronomie (analysés au prisme des trois dimensions de la grille d'analyse), que nous

résituons – en prenant appui sur les travaux évoqués dans le Tableau 2²¹ - dans les contextes historiques où se construit la science agronomique (en particulier les formes d'organisation et le contexte scientifique).

²¹ Ce que nous rapportons de ces écrits dans les résultats ne sera que très partiel, mais nous renvoyons le lecteur aux références citées dans le texte, qui fournissent de très riches analyses sur différents régimes de production de connaissance en agronomie.

	Approches pour produire des connaissances	Instruments emblématiques de production de connaissances	Etude de pratiques d'agriculteurs	Contributions de l'étude de pratiques d'agriculteurs	Figure d'agriculteur-usager / Contenus prescriptifs générées
RC1	Approches holistiques	Expérimentations en ferme, observations au champ	Pas de méthode formalisée : échanges physiques informels, interactions par voie épistolaire, témoignages d'agriculteurs trouvés dans des journaux	On implique des agriculteurs pour : la formulation du problème de conception et d'hypothèses, pour enrichir les connaissances au cours du processus (sur des phénomènes naturels, des techniques...)	Agriculteurs expérimentés / Principes d'action
RC2	Approches analytiques	Expérimentations en station et en ferme, analyses chimiques	/	On implique des agriculteurs pour : la formulation du problème de conception	Agriculteurs applicateurs/ Règles d'application d'une technique (règle d'action)
RC3	Approches analytiques	Expérimentations en station et en ferme, instruments de différentes disciplines analytiques, statistiques fisheriennes	/	On implique des agriculteurs pour : la formulation du problème de conception	Agriculteurs optimisateurs / Règles (outils) d'optimisation d'une technique
RC4	Approches systémiques	Expérimentation système, modélisation systémique	Méthodes formalisées: étude de pratique, typologies d'exploitation, modélisation des décisions, diagnostic agronomique	On étudie des pratiques pour identifier des régularités : définir des cadres d'objectifs et de contraintes, cartographier et classer la diversité des pratiques	Agriculteurs décideurs/ Combinaisons de règles de décision adaptées à des types de ferme (itinéraires techniques, systèmes de culture)
RC5	Approches systémiques	Ateliers de conception, expérimentations système participatives (...)	Méthodes formalisées: étude du changement dans les pratiques, étude de pratiques innovantes (...)	Co-conception avec des agriculteurs, études de pratiques innovantes (...)	Agriculteurs concepteurs/ Outils d'aide à la conception (...)

Tableau 3. Eléments des raisonnements de conception dans les différents régimes de conception en agronomie. Les (/) signifient que la modalité est absente dans le régime, les (...) signifie que différentes propositions émergent aujourd'hui, (RC) signifie régime de conception.

3. Résultats – Caractérisation de cinq régimes de conception en agronomie

Les résultats se structurent autour de la présentation de 5 régimes de conception en agronomie. Pour chaque régime, les résultats sont présentés en deux temps : d’abord des éléments du contexte historique dans lequel s’ancrent les travaux que nous avons étudiés (Tableau 3), puis les traits des processus de conception que nous avons caractérisés en prenant appui sur notre grille d’analyse (les travaux étudiés et présentés dans le Tableau 4 seront mobilisés pour illustrer les processus de conception).

RC	Auteurs ²²	Titres
RC1	Tillet, 1755	Mémoire sur la cause qui corrompt les grains de blé dans les épis et qui les noircit, avec les moyens de prévenir cet accident
	Parmentier, 1789	Traité sur la culture et les usages des pommes de terre, de la patate et du topinambour
	Duhamel du Monceau, 1762	Eléments d’Agriculture, Tome II.
RC2	Corenwinder, Woussen, 1875	Les engrais chimiques et la betterave, recherches faites à Houdain (Pas-de-Calais)
	Audoynaude, 1877	De l’influence qu’exercent sur la vigne les engrais potassiques
	Petermann, 1876	Recherches sur le meilleur mode d’emploi des engrais artificiels appliqués à la culture de la betterave à sucre
RC3	Jourdheuil, 1977	Stratégie de lutte contre les insectes du colza
	Hébert, 1969	La fumure azotée du blé tendre d’hiver
	Koller, 1969	L’emploi des substances nanisantes dans la culture du blé tendre
RC4	Meynard, 1985	Construction d’itinéraires techniques pour la conduite du blé d’hiver
	Laçon et al., 2007	An improved methodology for integrated crop management systems
	Blazy et al., 2009	A methodology framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe.
RC5	Le Bellec et al., 2012	Evidence for farmer’s active involvement in co-designing citrus cropping systems using an improved participatory method
	Moraine et al., 2017	A participatory method for the design and integrated assessment of crop-livestock systems in farmers’ groups
	Lefèvre et al., 2014	Farmers and agronomists design new biological agricultural practices for organic cropping systems in France

Tableau 4. Publications étudiées et mobilisées comme exemples dans les résultats pour présenter les principaux traits des processus de conception dans chaque régime.

²² Nous nous référons à ces auteurs dans les résultats en indiquant leurs noms.

3.1. Régime de conception 1 - générer des principes d'action en prenant appui sur des pratiques d'agriculteurs

☀ Eléments de contexte

Les travaux sur l'histoire de l'agronomie nous permettent de situer un premier régime, au 18^{ème} siècle, dans un contexte où l'agriculture s'installe au cœur de nombreux débats intellectuels (on parle d'agromania, Lefèvre, 2014 ; Boulaine, 1992), et où de premières organisations collectives se développent dans l'optique de faire exister une 'science de l'agriculture' (Denis, 2007). Les témoignages de cette dynamique se trouvent, à cette époque, dans la multiplication des écrits sur ce secteur (Lefèvre, 2014). Tessier (1787) cité par Denis (2001) souligne : « *La plupart des fermiers français sont seulement cultivateurs. On en voit cependant un certain nombre, surtout dans le voisinage des grandes villes, qui deviennent observateurs, et par conséquent agriculteurs. Peu à peu ils joindront plus de principes à la pratique et l'art y gagnera infiniment.* »

Les auteurs dans ce régime sont d'origines variées, on trouve à la fois, des « *auteurs ruraux* » (personnalités des campagnes, responsables administratifs, propriétaires, anciens militaires, fermiers, laboureurs aisés et lettrés, curés, dames de paroisse etc.) et des « *physiciens agriculteurs* » ou « *agriculteurs* » (Denis, 2001a), pour partie reconnus, voire membres, de l'Académie des Sciences et des Sociétés Royales d'Agriculture. Rares sont les auteurs dont la seule préoccupation est l'agriculture (Boulaine et Legros, 1998). Ces auteurs souhaitent, collectivement, mobiliser la science pour améliorer l'agriculture, une science qui se veut utile, et s'appuyant à la fois sur l'étude des phénomènes de la nature et sur l'étude des savoirs et pratiques paysans. Comme l'explique Denis (2001), les travaux de la plupart de ces auteurs poursuivent le projet de description des Arts et Métiers proposé dès 1675 par Colbert, et ils défendent le rapprochement entre expériences savantes et expériences professionnelles. Ces auteurs échangent par voie épistolaire, à travers l'Europe, et au travers des récemment créées Sociétés Royales d'Agriculture qui stimulent la réalisation de travaux (en offrant une légitimité aux travaux, en commandant des mémoires sur des sujets précis...). Leurs recherches sont menées sur des domaines privés, et les contributeurs explicitent et formalisent les méthodes expérimentales qu'ils mettent au point, basées sur des essais comparatifs (et de nombreuses observations), menés en plein champ (souvent répétés sur plusieurs années et/ou plusieurs sites). Leur formalisation des savoirs et méthodes d'expérimentation traduit leur volonté de sortir de « *l'ésotérisme* » et de s'opposer à « *la spéculation* » trouvée dans certains journaux ou ouvrages (Lefèvre, 2014).

☀ Principaux traits des processus de conception

Dans les travaux étudiés, les intentions des concepteurs sont guidées par l'enjeu de résoudre des problèmes rencontrés par des agriculteurs²³ au champ. Par exemple, Tillet cherche un moyen de gérer la contamination noire sur les grains de blé, Parmentier se penche sur les problèmes rencontrés par des agriculteurs en culture de pomme de terre (notamment concernant la fertilité du sol), et Duhamel du Monceau s'intéresse plus globalement à l'amélioration des principes de conduite des cultures. Dans leurs travaux, ils insistent sur l'enjeu, pour eux, de contribuer à formaliser et mettre en circulation ce qu'ils apprennent de pratiques d'agriculteurs (Tableau 5).

Citations	
Intention	« Convaincu qu'il est du devoir d'un véritable citoyen de diriger la science qu'il cultive vers le Bonheur de la société, j'ai toujours pensé que l'art des subsistances devait faire l'occupation la plus sérieuse (...) mais il n'est pas assez de multiplier les ressources alimentaires, il faut encore que ces ressources exigent peu d'embarras et de dépenses dans leur préparation, qu'elles ne préjudicient ni à la qualité du sol qui les donne, ni à la constitution physique des individus pour lesquels elles sont destinées. » Parmentier (1789, p 2 et 3)
Processus de conception	« Comme je me suis proposé de rapporter toutes les expériences qui sont venues à ma connaissance, je ne dissimulerai point que M. Doixan (...) a semé avec du froment infusé dans du jus de fumier, la moitié d'une pièce de terre (...) on ne doit rien conclure d'une expérience, mais M. Doixan m'a promis de réitérer et de m'apprendre quel en sera le succès. » (Duhamel du Monceau, 1750, p xxvj) « Première observation. Les épis noirs et corrompus qui naissent sur des tiges différentes, mais tirent leurs racines d'un seul et même grain sont ordinairement noirs et gâtés. (...) septième observation. Une touffe de blé, mise à dessein dans une terre détrempee continuellement, a produit beaucoup d'épis dans lesquels il ne s'est trouvé aucun grain qui fut noir et gâté. » Tillet (1750, p16)
Contenus prescriptifs	« Il ne lui est pas possible d'éviter ce dernier inconvénient [la paille contaminée] (...) la seule précaution que ce laboureur soit en état de prendre est celle de n'employer les fumiers, où entrent des pailles suspectes, qu'autant qu'ils seront parfaitement consommés » Tillet (1750, p148) « Le laboureur choisira à son gré celle [conduite de culture] qui lui paraît la plus avantageuse pour son terrain et pour l'emploi qu'il se propose de faire de ces racines », Parmentier (1789, p 100) « Il est plus à propos de différer [le labour] après qu'on ait fait (...) les blés ; 2. Parce qu'en le retardant un peu, les quantités de graines sont levées, et c'est autant de mauvaises herbes de détruites ; 3. Parce que les troupeaux profitent des pâturages que les chaumes leur fournissent ; 4. Parce que pour bien faire ce labour, il faut que la terre soit pénétrée d'eau afin que la charrue puisse piquer aussi tant que la qualité des terres le permet. », Duhamel du Monceau (1762, p 154)

Tableau 5. Citations extraites d'écrits que nous avons étudiés dans le régime de conception 1

Une 'science de l'agriculture' est en cours d'émergence et ces auteurs disposent de peu de connaissances formalisées issues de travaux antérieurs sur les problématiques qu'ils abordent. Leurs principaux instruments de production de connaissances sont les expérimentations sur leurs domaines, et l'observation à l'œil nu. Et, de ce fait ils appréhendent leurs objets d'étude avec une vision holistique des problèmes au champ, vision dont les limites sont imposées par la capacité à observer les phénomènes. Ainsi, souvent, le travail de conception implique de générer simultanément des connaissances sur les phénomènes naturels (ex. la carie du blé, Tillet), et sur les solutions techniques qui permettraient de

²³ Nous employons ici 'agriculteurs' mais notons que ces auteurs emploient les termes de laboureurs, cultivateurs...

gérer les problèmes rencontrés. Ces auteurs pratiquent eux-mêmes l'agriculture, souvent sur leurs propres domaines, et leurs écrits témoignent du fait qu'ils sont familiers des pratiques d'agriculteurs.

Ces auteurs ne suivent pas un processus uniformisé de conception, qu'on pourrait résumer en quelques étapes. Chaque exploration apparaît singulière, mais on peut cependant identifier quelques traits communs dans leurs démarches. Tous s'appuient sur les écrits dont ils disposent sur la problématique qu'ils traitent, souvent issues de sources variées (des ouvrages divers, des témoignages dans des journaux...), et ces lectures, enrichies des échanges qu'ils ont avec des agriculteurs et de leur propre expérience, leur fournissent des pistes pour poser les bases de leurs explorations : à la fois des hypothèses sur les phénomènes naturels et des hypothèses sur les pistes d'action qui permettent de les gérer. Par exemple, Tillet identifie des redondances ou des contradictions entre des écrits d'auteurs connus et les témoignages d'agriculteurs qu'il recueille. A partir de ce travail, il pose des hypothèses sur les causes du noircissement du blé et sur des pistes d'action pour le maîtriser (**Encadré 2**). Au cours de leurs explorations, ces auteurs vont puiser dans différents champs de connaissances comme la botanique, l'entomologie ou la médecine pour interpréter les phénomènes qu'ils observent et affiner les concepts et hypothèses qu'ils explorent. Dans tous les cas, ils réalisent des observations inductives au champ, qui leur permettent de produire des connaissances dont ils ne disposent pas. Ils produisent par exemple des taxonomies sur des classes de phénomènes ou d'entités naturelles (ex. Parmentier observe, classe et nomme un grand nombre de variétés de pommes de terre, en fonction de leurs propriétés visuelles). A partir d'hypothèses formulées sur la base de leurs explorations, de lectures et/ou de témoignages d'agriculteurs, ils réalisent des expérimentations comparées et répétées qui leur permettent de produire des hypothèses plausibles sur des liens de causalité entre des actions et des effets au champ, voire d'optimiser des techniques. Une technique est jugée satisfaisante quand elle permet d'atteindre les états du milieu désirés, et sans contraindre les agriculteurs (**Encadré 2**).

Ainsi, dans leurs travaux, des agriculteurs sont chaque fois impliqués au cours de la conception : on mobilise leurs témoignages oraux, écrits dans des journaux ou recueillis par voie épistolaire (ex. Duhamel du Monceau s'inscrit dans un réseau d'échange d'expériences) pour renforcer des hypothèses plausibles sur des relations entre des actions et des effets, et pour identifier de nouvelles techniques qui permettent de maîtriser certains phénomènes. Souvent, les auteurs s'appuient aussi sur ce qu'ils peuvent observer chez différents agriculteurs pour accroître le domaine de validité de leurs conclusions. Dans tous les cas, les agriculteurs sont invités à mener des expérimentations chez eux, et à leur faire parvenir des observations nouvelles qu'ils pourraient faire dans leurs situations.

Ces processus leur permettent de générer des connaissances sur des phénomènes naturels (sans pour autant rendre compte des mécanismes en jeu – voire Tillet, **Encadré 2**), et de spécifier, à destination des agriculteurs, des relations entre ces phénomènes et des actions qui permettent de les gérer pour qu'elles ne soient plus un problème, et/ou qu'elles permettent d'atteindre une production jugée satisfaisante.

Encadré 2²⁴ – Éléments sur les explorations de Tillet (1755) sur son mémoire intitulé « *la cause qui corrompt les grains de blé dans les épis et qui les noircit, avec les moyens de prévenir cet accident* »

Au long de son mémoire, Tillet explore simultanément le phénomène qui produit le mal qui corrompt les grains de blés et les moyens de prévenir cet accident. Dans un premier temps, pour préciser son objet d'étude, il explore et critique des écrits d'auteurs 'savants', anciens et modernes, souvent en désaccord, et qui, pour la plupart, considèrent qu'il y aurait une maladie du blé qui se développerait en relation avec les conditions climatiques, et il critique « *on ne remonte point jusqu'à l'origine de la corruption du grain* ». Il explore aussi les écrits des 'auteurs ruraux' et des journaux qui présentent les pratiques et savoirs paysans qui, souvent, contredisent les écrits savantes et précisent l'existence de dommages différents sur les blés. Pour avancer, il juge ensuite indispensable de mettre, à son tour, « *la main à l'œuvre et répondre à tout par des faits qui se fussent passés* » devant ses yeux.

Au travers de nombreuses observations, qu'il confronte aux dires de praticiens et savants, il propose de différencier plusieurs maladies des grains, il distingue des dommages, les décrit sur la base de symptômes et les nomme (blé avortés, charbonnés, cariés, échaudés...). Ce travail lui permet de mieux cerner le problème à comprendre et à solutionner et il décide de se focaliser, sur le blé carié : « *le mal qui remplace la farine de froment, par une poussière noire et puante, le grain gardant une forme extérieure peu différente des grains sains* ».

Il présente ensuite, en détail, des « *expériences* », son protocole, ses erreurs, ses interprétations et ses résultats pour trouver des « *moyens de prévenir cet accident* ». Ses lectures et observations précédentes orientent ses hypothèses de recherche essentiellement issues de pratiques de « *laboureurs* » (ex. certains appliquent des « *préparations* » : plonger les semences dans une lessive à base de chaux « *façon commode de nettoyer parfaitement le grain* », bien choisir les semences « *précaution prise par les Laboureurs de Picardie et dont ils ont reconnu l'utilité* » etc.). Il s'inspire des travaux de ses prédécesseurs et contemporains pour construire son protocole expérimental, basé sur des comparaisons entre « *plans* » de différentes dimensions. Deux années de suite, dans son jardin, son laboratoire et dans des champs, il conduit des expériences. Il compare différentes modalités : plusieurs fumures, semées à 6 dates différentes, avec des semences sélectionnées dans les conditions des paysans, et ayant ou non reçu une préparation particulière. Ses résultats lui permettent de conclure que c'est la « *poussière noire* » déposée sur les grains qui est responsable du mal, mais il dit ne pas être en mesure de savoir si le mal provient de la poussière noire en elle-même et/ou d'une imperfection particulière du grain. Il réitère, ainsi, plusieurs expériences, en formulant de nouvelles hypothèses, et imagine de nouvelles voies d'action pour limiter la profusion de carie (le rôle des différents fumiers constitués de paille de froment carié, sur l'impact de la poussière noire de carie selon les saisons, sur l'influence de la profondeur de semis etc.). Il évalue ses résultats, en cours d'expérience, au travers d'observations des états du milieu et comparant différents « *plans* » parfois aussi aux résultats de *laboureurs*.

Parmi ses conclusions, il expose des causes et voies possibles de dispersion de la maladie, en s'inspirant des travaux menés en médecine (travaux sur la syphilis): « *il y aurait dans la poussière noire une sorte de virus ou de venin chimique qui agirait comme ferment contagieux, héréditaire. Il remplacerait le ferment habituel et transformerait la sève de farine blanche en poussière noire puante* ». Et il identifie des voies d'action et des questions ouvertes pour maîtriser la carie, par exemple : « *quelque attention que l'on porte au choix des semences, il est presque impossible qu'il ne s'y trouve quelque grain, soit entièrement carié, soit seulement en partie (...) dans la gerbe qu'on a soi-même composée des plus beaux épis, il peut y en avoir un qui porte 2 ou 3 grains cariés : la poussière que rendent ces grains corrompus, lorsque bat la gerbe, suffit pour en infecter beaucoup d'autres (...) je répondrais en second lieu, qu'il n'est pas bien décidé que dans nos climats la carie naisse d'elle-même et indépendamment de toute voie contagieuse.* » ou encore il propose des « *remèdes* » visant à limiter ce mal, qu'il publiera, à destination des laboureurs, plus succinctement, dans des « *précis* », en 1756.

Il invite, dans ses précis, certains laboureurs à mener des expériences comme lui et explique « *J'ai tâché de suivre son esprit d'économie [laboureurs], de me rapprocher un peu de ses usages, et de lui être utile sans le gêner* ».

²⁴ Les éléments présentés dans les encadrés sont partiels et visent à rendre compte de quelques traits des processus de conception, nous renvoyons le lecteur aux références citées pour plus de détails sur chaque recherche.

3.2. Régime de conception 2 - générer des règles d'application d'une technique, au prisme de la chimie

☀ Eléments de contexte

Nous situons un second régime au moment où la chimie, reconnue comme science (au début de 19^{ème} siècle - Robin et al., 2007), contribue au développement de nombreux secteurs, parmi lesquels se trouve l'agriculture : *“La chimie est la science de la métamorphose, l'agriculture qui transforme les matières minérales en matières organiques est une science chimique”* (Dehérain, 1874, cité par Jas, 2001). Cette citation de Dehérain rend compte d'une dynamique scientifique dans laquelle de nombreux auteurs mobilisent les avancées récentes de la chimie, non plus comme un champ de connaissance parmi d'autres pour comprendre des phénomènes, mais comme le prisme principal pour les observer et les analyser (Jas, 2001). Jas (2005) rend compte de la distanciation qui s'opère, dans cette dynamique, au cours de la production de connaissances, entre ce que font les agriculteurs et ce que génèrent les scientifiques²⁵. Avec l'appui de l'Etat français, ce champ d'investigation se déploie dans différents lieux de production de connaissances dédiés, où les paramètres expérimentaux peuvent être contrôlés. On trouve par exemple : des fermes exemplaires associant champs et laboratoires (avec l'exemple emblématique de la ferme de Boussingault, Denis, 2001), les stations agronomiques et laboratoires d'analyse, déployés par micro-régions afin de cartographier les sols et de recenser les pratiques des praticiens à améliorer (Grandeau, 1869 ; Denis, 2007), ou encore les écoles supérieures d'agriculture dans lesquelles sont installés des champs d'expérimentation (Jas, 2001).

La chimie et ses outils analytiques (notamment l'analyse de sol) offrent un nouvel angle de vue sur le champ cultivé, et démultiplient de ce fait les champs de connaissances à explorer, et les innovations à générer. Les avancées théoriques sont majeures, en France et à l'étranger (Van der Ploeg et al., 1999). Parmi les plus emblématiques se trouve la théorie de la nutrition minérale des plantes (Blondel-Megrelis et Robin, 2002), accompagnée de la loi du minimum et de la notion de facteur limitant (Liebig, 1840). La loi du minimum stipule que *« la vie des plantes est soumise à plusieurs conditions spéciales qui, pour chacune des espèces, sont particulières; si l'on place une plante dans toutes ses conditions vitales hormis une seule [le facteur limitant], elle ne pourra pas se développer »*. Ces développements, conjoints aux apports de la physique, de la science du sol et de la géologie, ont augmenté le potentiel d'interprétation des phénomènes agronomiques (Spiertz, 2014), et ont accéléré la génération de nouveaux intrants, permettant de maîtriser les 'facteurs limitants', au premier rang desquels se trouvent les engrais chimiques. Ainsi, à cette époque-là, dans de nombreux travaux, l'enjeu est de contribuer à optimiser localement l'usage d'intrants qui ont été conçus hors des fermes.

²⁵ Ces derniers disposent d'une instrumentation et donc d'un angle de vue sur le champ cultivé dont ne disposent pas les agriculteurs.

☀ Principaux traits des processus de conception

Dans les écrits que nous avons analysés (associés à ce régime), les auteurs ont en commun d'étudier les phénomènes naturels et de générer des prescriptions au prisme de la chimie, c'est-à-dire que c'est cette science qui oriente leurs représentations, et qu'ils mobilisent systématiquement les instruments de production de connaissances de cette discipline (en plus de l'expérimentation au champ).

Citations	
Intention	<p>« Depuis deux ou trois années, l'emploi du nitrate de soude comme matière fertilisante a pris un développement considérable, ayant remarqué que cette matière favorise singulièrement la croissance des betterave, les cultivateurs l'ont pris en grande faveur ; ils en ont utilisé des quantités exagérées, qui font grossir les racines outre mesure, les rendent impropres à la fabrication du sucre, nuisibles à la distillerie (...) c'est pourquoi nous avons entrepris dès 1873 des expériences agricoles dans le but de connaître l'influence du nitrate de soude sur l'accroissement des betteraves (...) et quelle quantité on peut en utiliser sans dommage pour la qualité de ces racines » Corenwinder et Woussen (1874, p 7)</p> <p>« Si la plupart des fermiers sont convaincus de tous les avantages qui résultent de l'emploi rationnel de ces puissants auxiliaires de la culture intensive, il règne une grande incertitude et des opinions fort contradictoire quant à leur meilleur mode d'emploi. (...) les très nombreuses consultations qu'on nous demande sur cette question, nous prouvent, en effet, la confusion qui règne et l'absence complète de données exactes pouvant servir de base de règles qui doivent nous guider ans le meilleur mode d'emploi des engrais artificiel pour la culture de la betterave à sucre », Petermann (1875, p 242)</p>
Processus de conception	<p>“L'avantage qui résulte d'un emploi rationnel de l'engrais artificiel est encore plus saillant lorsqu'on exprime en argent les rendements obtenus dans les différentes conditions de l'expérience », Petermann (1875, p 259)</p> <p>« Nous pouvons comparer les résultats du plant de Carignan à ceux du n°4, 5 et 6 de nos expériences traités par le carbonate de potasse, tous les trois ayant sensiblement le même poids (...) ce sarment de l'école des Cépages contenait 0,058 de potasse, la moitié de ce que les nôtres contenaient. Nous ajouterons toutefois qu'ils avaient donné quelques raisins alors que les nôtres n'avaient rien produit » Audouy (1877, p 58)</p>
Contenus prescriptifs	<p>« La potasse doit entrer dans la composition des engrais de la vigne, celle du sol étant généralement dans de mauvaises conditions d'assimilation ; la potasse entraîne en quelque sorte avec elle les autres principes fertilisants », Audouy (1877, p 59)</p> <p>« Puisqu'il est prouvé que dans la majeure partie des cas on peut sans augmenter la dépense d'engrais, remplacer avantageusement une forte partie de ce nitrate par du superphosphate, ce serait une duperie de la part des fabricants de ne pas imposer cette règle, et une inconséquence de la part des cultivateurs de ne pas s'y conformer », Corenwinder et Woussen (1874, p 11)</p>

Tableau 6. Citations extraites d'écrits que nous avons étudiés dans le régime de conception 2

Dans ces écrits, c'est souvent l'observation de défauts de performance, liés à un usage inapproprié des intrants qui initie le souhait de générer de nouvelles prescriptions. Par exemple, Audouy (en vigne) et Corenwinder et Woussen (sur betterave sucrière) souhaitent générer des prescriptions permettant un usage optimal des engrais minéraux pour obtenir des rendements et une qualité jugée satisfaisante (dans le cas de Corenwinder et Woussen pour satisfaire les industries transformatrices – **Encadré 3**). Petermann, par ailleurs, explore différentes voies d'application des engrais pour atteindre des rendements maximums en betterave sucrière (Tableau 6).

Dans ces travaux, on peut définir les modèles conceptuels sur lesquels prend racine la génération de prescriptions de la manière suivante²⁶: un intrant (ex. un engrais), qui, en activant un processus physico-

²⁶ Notons que cette représentation se rapporte à la représentation véhiculée par la loi du minimum.

chimique permet de gérer un facteur limitant (ex. la nutrition des plantes) et d'atteindre des états du milieu cultivé et des niveaux de performances jugés satisfaisants (ex. un rendement maximum). Dans ces travaux, les intrants considérés sont a priori connus, ce sont les modalités de leur usage au champ qui font l'objet d'un travail de conception : l'inconnu réside donc dans l'usage optimal des intrants en fonction des cultures et des environnements pédo-climatiques dans lesquels ils seront employés.

C'est à partir de connaissances scientifiques disponibles sur la problématique qu'ils traitent, que ces auteurs formulent des hypothèses sur les effets plausibles d'actions sur des processus physico-chimiques (ex. Petermann formule l'hypothèse que les modalités d'application des engrais chimiques – râteau, houe, bêche, etc. – peuvent affecter le pouvoir nutritionnel des engrais). Ces auteurs testent leurs hypothèses au travers d'expérimentations répétées sur plusieurs parcelles et dans le temps, la plupart du temps dans des stations expérimentales. Les outils analytiques de la chimie leur permettent de suivre et de juger les effets des techniques, afin de définir les conditions optimales de leur usage (ex. Petermann montre que les betteraves sucrières croissent mieux dans des sols sablo-limoneux si l'application d'engrais chimiques est suivie d'un profond travail du sol). Dans certains cas, des expérimentations comparées permettent d'optimiser la technique (ex. Corenwinder et Woussen ont ajouté des mesures chimiques sur les cendres pour déterminer quel type de potasse utiliser pour atteindre l'optimum de cristallisation du sucre de la betterave). L'évaluation de l'intérêt d'une technique repose souvent sur des indicateurs quantifiés (ex. rendement, volume de sucre, marge économique), et les preuves (causalité, efficacité) sont définies par voie statistique.

Les contributions de ces travaux se rapportent à l'identification de modalités d'usages efficaces d'intrants agricoles. Les prescriptions générées se rapportent à – ce que nous proposons d'appeler ici - des 'règles d'action', qui consistent en des liens prédictifs entre une action, une manière de la réaliser et des effets escomptés, donc qu'un agriculteur pourrait appliquer sur sa parcelle (ex. Corenwinder et Woussen « *utilisez du sulfate de potassium pour un rendement et une contenance optimales en sucre de la betterave* »).

Encadré 3 - Eléments sur les explorations de B. Corenwinder et H. Woussen « Les engrais chimiques et la betterave, recherches faites à Houdain (Pas-de-Calais) »²⁷.

Ces auteurs expliquent que le contentieux qu'ils cherchent à résoudre repose sur le fait que les agriculteurs utilisent de manière « irrationnelle » le nitrate de soude, provoquant des renflements sur les racines, les rendant impropres à la transformation. Par ce travail, ils cherchent une manière d'employer des engrais sur cette culture qui assure un haut rendement et un taux de sucre élevé en betterave sans augmenter les dépenses.

Au long du travail, les auteurs exposent des connaissances qu'ils rassemblent sur les facteurs influençant la richesse en sucre de la betterave (choix variétal, emploi judicieux des engrais), sur les engrais disponibles, leurs caractéristiques et performances (ex : nitrate de soude, phosphate... le nitrate de soude est un engrais incomplet qui, employé seul de manière récurrente, risque de « dépouiller le sol de ses éléments utiles à l'accroissement des plantes »). C'est au travers d'une série d'expérimentations qu'ils produisent des connaissances sur les relations entre l'emploi du nitrate de soude et la production de betterave, toutes réalisées en station, et reposant sur des hypothèses formulées à partir de connaissances produites dans un cadre scientifique. Ils explorent par exemple la première année : quelle est l'influence du nitrate de soude sur l'accroissement de la betterave, employé seul ou avec une « matière complémentaire » ? En faisant l'hypothèse que « le sel augmente la proportion des substances salines, nuit à la production de la matière sucrée, les dommages pourraient être limités selon les quantités apportées ». L'expérimentation compare les effets, sur une culture de betterave, de plusieurs modalités : témoin sans engrais et avec apports de différents engrais (nitrate de soude, sulfate ammoniacque, sulfate ammoniacque + phosphate fossile...). Ils obtiennent sur une parcelle un résultat surprenant : l'ajout de phosphate soluble au nitrate de soude conduit à des rendements très élevés et des betteraves ayant « coefficient salin peu ordinaire ». Sur la base de nouvelles hypothèses, croisant leurs observations et les connaissances scientifiques, plusieurs autres expérimentations leur permettent d'explorer l'influence de l'engrais contenant du superphosphate sur la croissance et la richesse de la betterave, ou encore l'influence de différents engrais sur les matières minérales contenues dans les jus des betteraves. C'est à partir de leurs observations, mesures et en s'appuyant sur des analyses chimiques qu'ils constatent que le « superphosphate » est plus efficace dans les sols pauvres et proposent de « remplacer une partie des apports en nitrate de soude par de l'acide phosphorique pour augmenter les rendements sans augmenter la dépense ». Les analyses chimiques sur la richesse saccharine montrent aussi que le sulfate ammoniacque assure un taux de sucre plus élevé que le nitrate de soude ; le chlorure de potassium est très nuisible, le superphosphate a une influence très prononcée sur le taux de sucre (+ 2 à 3%), effet validé (selon le sol) en comparaison aux autres engrais testés, et que les cendres fumées avec du nitrate de soude contiennent moins de « carbone de potasse et plus de carbone de soude » que celles avec sulfate d'ammoniacque. Le chlorure de potassium ajouté à l'engrais se retrouve dans les cendres, et les auteurs jugent qu'il apparaît préférable d'utiliser le sulfate de potasse au chlorure de potassium, ce dernier sel ayant une action nuisible sur la cristallisation du sucre.

Ils concluent ce travail en proscrivant l'usage du nitrate de soude employé seul et d'autant plus en quantité exagérée. Ils proposent une règle, que les fabricants de sucre auraient, selon eux, tout intérêt à imposer aux cultivateurs, visant l'utilisation conjointe de nitrate et de superphosphate (qui n'augmente pas les coûts, assure des teneurs en sucre satisfaisantes, des poids de betterave élevés et limite la cristallisation du sucre).

²⁷ Le détail de leur travail se trouve dans les annales agronomiques (1874) et les prescriptions qu'ils formulent sont aussi présentées dans le journal d'agriculture pratique (1875).

3.3. Régime de conception 3 – générer des règles d'optimisation d'une technique, au prisme de plusieurs disciplines connexes à l'agronomie

☀ Eléments de contexte

Nous situons un autre régime dans un contexte où, après la 2^{ème} guerre mondiale, en France et plus largement en Europe, les projets pour l'agriculture, impulsés par le gouvernement, visent la modernisation rapide des exploitations agricoles pour atteindre l'autosuffisance alimentaire nationale et contribuer au développement des zones rurales (Bonneuil et al., 2008 ; Demolon, 1946). La stratégie de modernisation de l'agriculture repose sur la production de masse et la dissémination rapide d'innovations techniques dans les exploitations agricoles. Le renforcement ou la création de nombreux organismes de Recherche et Développement agricoles exprime l'engagement de l'Etat dans la concrétisation de ce projet collectif.

« Le rôle de l'Etat doit être d'éduquer les producteurs (...) En particulier il lui appartient de favoriser sur le plan technique toutes les améliorations capables de donner à l'immense labeur des praticiens son maximum de rendement avec le minimum de prix de revient. Ce rôle, il le remplira par le développement continu de la Recherche, de l'Enseignement, de la Démonstration et de la Vulgarisation. (...) La France a un sérieux effort à faire pour élever le niveau de sa production végétale et animale. (...) l'agriculture n'est plus comme autrefois un mode de vie, mais une véritable industrie biologique qui ne triomphera, dans la lutte de son existence, que si elle sait mettre à son service les immenses ressources de la Science. » (Demolon, 1946).

La création de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, en 1946) booste la production de connaissances scientifiques dans de nombreuses disciplines (ex. physiologie des plantes, phytopathologie, génétique) et stimule la génération d'innovations techniques (pesticides, régulateurs de croissance, variétés – Bonneuil et Thomas, 2009). A partir de 1952, les Instituts Techniques, organisés par filières de production (vigne, céréales, fruits et légumes, élevage...), génèrent des références à partir de connaissances scientifiques, à destination des conseillers agricoles, qui les disséminent notamment via des démonstrations en exploitation. Les Chambres d'Agriculture (qui ont acquis un rôle d'appui technique en 1966), les industries agroalimentaires et les coopératives déploient des activités de conseil pour disséminer et adapter localement l'usage d'intrants agricoles (Brives, 2008).

Comme dans d'autres pays, les connaissances sont produites dans les laboratoires, dans des stations expérimentales et des exploitations. Deux avancées majeures façonnent, dans ce régime, les modes de production de connaissances, notamment les statistiques Fisheriennes (Spiertz, 2014) et la modélisation mathématique, permettant la simulation et l'optimisation (Palti, 1981).

☀ Traits des processus de conception

Dans les écrits étudiés dans ce régime, comme dans le précédent, les travaux sont initiés dans l'optique d'optimiser l'usage local d'intrants nouvellement créés hors des exploitations agricoles, avec l'enjeu d'atteindre des niveaux de performances maximums et souvent pour valoriser le potentiel de rendement de nouvelles variétés. Par exemple (Tableau 7), les travaux de Jourdheuil, Koller et Hébert portent respectivement sur l'optimisation de l'usage de pesticides sur colza, de régulateurs de croissance et des apports de fertilisation azotée sur blé.

Dans ce régime, les auteurs ont accès à de nombreuses avancées scientifiques dans différentes disciplines connexes à l'agronomie (écophysiologie, malherbologie, sciences du sol, phytopathologie, ...). Leur travaux témoignent d'une sophistication dans leurs modèles conceptuels qu'on peut définir comme : un intrant (dont l'usage doit être optimisé), pour gérer un facteur limitant (ex. un bioagresseur), soumis à divers facteurs de contingence du milieu (biotiques, édaphiques, climatiques, etc.), et dans l'objectif d'atteindre des états du milieu et des niveaux de performance jugés satisfaisants. Cette représentation témoigne d'une prise en compte accrue de dimensions de 'la situation agronomique' dans laquelle doit être opérationnalisée une technique qu'il convient d'optimiser en fonction de conditions du sol, du climat, de caractéristiques biotiques et, comme dans le cas de Hébert, en prenant en compte différents historiques de la parcelle et différentes options d'outillage. Dans ces travaux, pour optimiser l'usage d'un intrant dans différentes fermes, l'inconnu réside dans la recherche, la hiérarchisation et l'agencement des connaissances issues de disciplines connexes à l'agronomie, pour établir des liens de causalité et d'efficacité entre des modalités d'usage d'un intrant et différentes caractéristiques des situations agronomiques.

C'est d'abord à partir de l'organisation de connaissances scientifiques dont ils disposent (ex. sur la biologie du charançon des siliques, sur les méthodes de piégeage, la nocivité du charançon, Jourdheuil) qu'ils formulent des hypothèses de relations entre des variables sur des caractéristiques du milieu, des modalités d'application d'un intrant et des effets escomptés dans le milieu cultivé. Et c'est à partir d'expérimentations, réalisées en stations ou en ferme (souvent pour explorer la diversité des situations agronomiques) qu'ils valident ou revisitent les hypothèses formulées, ce qui induit souvent la recherche de connaissances complémentaires ou la réalisation de nouvelles expérimentations. La production de connaissances s'appuie, pour beaucoup, sur des expérimentations répétées, mais c'est aussi à l'aide des instruments propres aux disciplines connexes sur lesquels ils s'appuient qu'ils produisent (parfois en partenariat) de nouvelles connaissances. Et, ce sont les statistiques et/ou l'étude des mécanismes en jeu qui permettent de 'faire la preuve' des connaissances produites. Au cours de leurs explorations, ces auteurs cherchent aussi à définir des moyens, accessibles aux agriculteurs, pour paramétrer, dans leurs situations, les modèles ou règles d'optimisation qu'ils mettront à leur disposition (par exemple - **Encadré 4**, Hébert propose de s'appuyer sur des analyses chimiques pour obtenir des informations sur

les teneurs en azote minéral dans le sol, en sortie d'hiver, il propose des indicateurs de taux d'azote dans les résidus de culture, ...).

Citations	
Intention	<p>« On a décidé de 'orienter vers une autre méthode de lutte qu'on a appelé 'la stratégie de lutte chimique dirigée'. Dans cette méthode, on conservait la priorité aux méthodes chimiques de lutte, faute d'avoir d'autres moyens à notre disposition, mais la stratégie d'utilisation était modifiée. Il nous fallait trouver : des substances chimiques ou des procédés d'application qui soient à la fois plus efficace et moins polluants pour l'environnement, à utiliser des produits plus rationnellement dans le temps, de manière à ne pas être obligés de répéter plusieurs applications contre un même insecte, à ne faire de traitement que dans la mesure où des risques de dégâts justifient économiquement des interventions » (Jourdeuil, 1977, p 3-4)</p> <p>« La verse a toujours été pour le blé un accident redoutable (...) elle est plus que jamais le principal facteur limitant du rendement » (Koller, 1969, p 771)</p>
Processus de conception	<p>« En abordant la question de la quantité et du fractionnement de l'azote il faut bien penser que : la taille et la sensibilité à la verse augmentent avec la dose d'azote, la tardivité augmente avec la dose d'azote, dans le fractionnement, l'apport tardif n'est pas toujours favorable. » (Koller, 1969, p 775)</p> <p>« La croissance et le développement du blé sont classiquement répartis en deux périodes : une période végétative allant de la germination à la différenciation de l'apex ; à une période reproductrice. (...) si la nutrition azotée est assez forte pour donner un tallage important, les besoins ultérieurs n'en sont que plus grands, d'où la nécessité d'une nutrition azotée soutenue (...) a priori, dans un sol à l'équilibre, les fournitures d'azote doivent être égales aux gains (...) » (Hébert, p 755 à 759)</p>
Contenus prescriptifs	<p>« Pour contrôler les pucerons (...), on se trouve devant un choix à faire entre deux options : dans les régions où les dégâts de pucerons ont un caractère endémique, on peut adopter une stratégie basée sur le fait que la colonisation se fait tôt. (...) on peut aussi intervenir à un moment choisi en fonction du risque estimé » (Jourdeuil, 1977, p15)</p> <p>« En principe, la quantité d'engrais à appliquer à une culture de blé résulte de l'égalité suivante : besoin du blé + reste en terre à la récolte = reliquat minéral en fin d'hiver + azote minéralisé des résidus organiques récents + azote minéralisé du sol + engrais. (...) fixer a priori un besoin revient à fixer un objectif de rendement. » (Hébert, 1969, p 759)</p>

Tableau 7. Citations extraites d'écrits que nous avons étudiés dans le régime de conception 3

Leurs contributions se rapportent à des connaissances sur des relations entre des techniques et leurs variantes, des phénomènes naturels, des situations agronomiques et des états du milieu souhaités. Les prescriptions générées consistent en des modèles (outils) ou règles d'optimisation²⁸ de l'usage d'un intrant dans différentes situations (ex. ce qu'on appelle aujourd'hui 'la méthode du bilan' pour optimiser la fertilisation azotée au champ, Hébert).

²⁸ Ces règles se réfèrent à ce que certains appellent des règles de décision.

Encadré 4. Eléments sur les explorations de J. Hébert « *La fumure azotée du blé tendre d'hiver* » (1969)

Hébert initie son travail en exposant qu'à la différence des fumures phosphatée et potassique, raisonnées à des échelles pluriannuelles, la fumure azotée doit être rigoureusement adaptée à chaque culture. Face à la diversité des espèces et variétés de blé, « *l'agriculteur ne peut espérer fixer correctement la fumure azotée qu'après une analyse constamment renouvelée des besoins de la plante, dans les circonstances particulières de la réalisation de "son" blé* ». Ce constat fait, son travail vise à produire des règles pour adapter l'usage de la fertilisation azotée à différentes situations et pour que les agriculteurs obtiennent des rendements élevés en blé tendre d'hiver.

Il expose que le rendement maximum est conditionné par l'optimisation de chacune des composantes du rendement du blé (nombre de pieds/ha, le nombre d'épis/pied, le nombre d'épillets/épi, le nombre de grains/épillet et le poids d'un grain). Il cite des travaux ayant montré que chaque variété possède une composante plus sensible que les autres qui peut être considérée comme « *le facteur principal de productivité* », sous-entendu qu'il convient de maîtriser. L'agriculteur doit, selon lui, choisir les variétés selon son milieu (en lien avec le facteur principal à maîtriser), appliquer les techniques culturales « *propres à optimiser les composantes du rendement* » et conduire la végétation du blé par une fumure azotée optimale.

Hébert présente ensuite les connaissances scientifiques disponibles concernant les effets de l'azote et du climat sur la croissance et le développement du blé (issus de travaux antérieurs menés par d'autres scientifiques ou lui-même), qu'il a rassemblées et juge utile pour son exploration. Ce sont ces connaissances fonctionnelles qui posent les phénomènes sous-jacents au raisonnement de la fertilisation du blé. Toujours en s'appuyant sur des résultats produits dans un cadre scientifique (mais aussi, par exemple, dans des instituts techniques), il identifie des 'postes' à prendre en compte pour raisonner la fertilisation du blé (ex. quels sont les besoins du blé ? quels est le reste après récolte ? Quel azote est fourni par les résidus culturaux ?...), autrement dit, il construit un modèle rendant compte de relations entre les connaissances fonctionnelles sur le blé, les apports azotés, et différentes variables qui pourraient influencer l'effet attendu de l'azote sur la croissance et le développement du blé (ex. les besoins du blé, le reste après-récolte, l'azote minéral du sol...). Pour chacun de ces « *postes* », il s'appuie sur la littérature et produit de nouvelles connaissances sur la manière de les évaluer, pour, dans une situation particulière, adapter la dose d'engrais à apporter (ex. « *Pour chaque quintal de grains produit, la quantité d'azote contenue dans une culture de blé tendre avec un grain de bonne qualité et une rapport grain/paille normal, est voisine de 3kg. Pour des blés mal alimentés, cette valeur peut descendre à 2,3Kg.* » Fixer un besoin, revient à fixer un objectif de rendement ; il montre que l'azote minéralisable du sol dépend à la fois du type de sol, de l'histoire culturale de la parcelle et du climat de l'année et que des analyses chimiques permettent d'en rendre compte...).

Hébert synthétise la méthode de calcul de la fertilisation azotée du blé tendre d'hiver de la manière suivante : « *besoin du blé + reste en terre à la récolte = reliquat minéral en fin d'hiver + azote minéralisé des résidus organiques récents + azote minéralisé du sol + engrais* ». Il met à l'épreuve et valide l'efficacité de cette méthode en la testant sur deux cultures de blé tendre dans différents contextes de production.

3.4. Régime de conception 4 – Générer des combinaisons de techniques, au travers d’approches systémiques

☀ Eléments de contexte

Dans les années 1970, on situe un autre régime, en prise avec une dynamique scientifique, décrite par Cornu (2014), dans laquelle des auteurs critiquent les limites d’une diffusion d’innovations techniques standardisées (Deffontaines, 1973 ; Osty, 1978) ne prenant pas suffisamment en compte la diversité des situations d’exercice de l’agriculture et les contraintes et objectifs des agriculteurs. Cette dynamique s’ancre à un moment où émergent des critiques de la société civile, concernant une déconnexion entre la recherche et les agriculteurs (Cornu, 2014), et où émergent des préoccupations liées aux nuisances environnementales provoquées par l’agriculture (Tamian, 2008).

Dans cette dynamique, on cherche à enrichir l’agronomie comme discipline scientifique (Sebillotte, 1974) et les auteurs revendiquent d’ancrer la production de connaissances, dès la formulation des questions de recherche, dans les exploitations agricoles (Gras et al., 1989). L’émergence de cette approche converge avec la dynamique internationale « *farming system research* » (Biggs, 1985 ; Norman, 2002 ; Spedding, 1976), dont l’un des objectifs est de comprendre la diversité des pratiques des agriculteurs et les raisons qui les sous-tendent, afin de contribuer à leurs évolutions.

La production de connaissances à partir de ce que font des agriculteurs induit une complexification des raisonnements agronomiques, et ce sont notamment les théories des systèmes qui offrent des prises pour gérer la complexité (sont souvent cités : Von Bertalanffy, 1968 ; Walliser, 1977). Différentes collaborations avec des chercheurs en sciences sociales se développent, notamment dans l’optique de considérer l’agriculteur et le fonctionnement de son exploitation comme des objets d’étude à part entière. De nombreux nouveaux champs de connaissances sont explorés : les relations entre des techniques, le fonctionnement de l’exploitation et le contexte socio-technique (Capillon, 1993 ; Osty, 1978) ; les processus de décision des agriculteurs (Duru et al., 1988) ; etc. Et ces champs d’exploration s’accompagnent de l’invention de nouvelles méthodes de recherche : l’expérimentation système (Sebillotte, 1974), le diagnostic agronomique régional (Doré et al., 1997), la modélisation systémique (ex. Bouman et al., 1996), les typologies d’exploitation (Capillon, 1993), etc. Et, en relation, des auteurs proposent de nouveaux concepts théoriques : c’est là qu’est proposée la distinction entre techniques et pratiques, (Teissier, 1979 ; Landais et al., 1987) ; le modèle d’action (Sebillotte et Soler, 1988) ; les concepts de système de culture et d’itinéraire technique (Sebillotte, 1974 ; Zandstra, 1979).

☀ Traits des processus de conception

Dans les écrits étudiés dans ce régime, les auteurs souhaitent générer des propositions techniques qui prennent en compte à la fois la diversité des situations de production, les objectifs des agriculteurs et des interactions entre techniques et avec l'environnement, notamment dans l'optique de réduire l'usage d'intrants de synthèse (enjeux environnementaux). Par exemple (Tableau 4 et Tableau 8), dans les travaux de Meynard, Lançon et al., Blazy et al., ces auteurs souhaitent concevoir des itinéraires techniques – respectivement en blé, banane et coton - qui soient durables et adaptés à différentes situations de production.

Citations	
Intention	<p><i>“The uniform crop management system recommended to farmers no longer copes with the diversity of growers and conditions. Farmers are asking for a wider range of cropping techniques, better adapted to the actual constraints, and cotton research has to develop innovative cropping strategies.”</i> (Lançon et al., 2007, p 101)</p> <p>« La diversité des exploitations agricoles, les incertitudes du marché et les risques de nuisances environnementales imposent de savoir cultiver le blé à des niveaux différents d'intrants dans la mesure où, en ne cherchant pas le rendement maximum, les réductions des différents postes de dépense ne sont pas proportionnelles (...) quand on change le niveau d'intrant, le choix des risques ou les contraintes de l'exploitation, c'est tout l'itinéraire technique qui doit être reconçu. » (Meynard, 1985, p 5)</p>
Processus de conception	<p><i>“Previous research had produced numerous experimental results and wide expert knowledge on innovative techniques, e.g. stand density effects, growth regulator and protection strategies, which could hardly be included in the existing simulation models (...). We adapted [the prototyping] approach in order to produce innovative Cotton Management Systems, which could integrate the full range of techniques available on the crop (including new varieties), and could be adapted to the diversity of constraints and goals of sustainable agriculture.”</i>(Lançon et al., 2007, p 102)</p>
Contenus prescriptifs	<p><i>“Thanks to this approach, at least one specific intercrop was found to be a priori fully compatible for each farm type in order to reduce weed pressure and reduce pesticide use”.</i> (Blazy et al., 2012, p 40)</p>

Tableau 8. Citations extraites d'écrits que nous avons étudiés dans le régime de conception 4

De nouveau, dans ce régime, les travaux que nous avons étudiés témoignent d'une sophistication des modèles conceptuels sur lesquels s'ancre le travail de conception, qui se cristallisent notamment autour du concept d'itinéraire technique. Les représentations sous-jacentes s'appuient sur des approches systémiques et se rapportent à une combinaison de techniques qui interagissent entre elles et avec le milieu cultivé, raisonnées en cohérence dans l'optique d'agir sur des processus agronomiques (ex. nutrition de la plante, réduction des pollutions azotées), pour permettre l'atteinte de niveaux de performances connus, et vis-à-vis d'objectifs et de contraintes d'agriculteurs (liées aux ressources productives et à l'environnement de l'exploitation). Le concept d'itinéraire technique permet de cadrer le champ d'exploration dans l'espace (plusieurs parcelles), dans le temps (un cycle cultural) et sur une espèce cultivée. Les inconnus, pour générer ces combinaisons de techniques, se rapportent aux interactions (synergies, antagonismes...) entre techniques et avec l'environnement, en fonction de situations agronomiques et d'objectifs des agriculteurs. Notons que dans ces modèles conceptuels, on

cherche à prendre en compte les agriculteurs (au travers de leurs objectifs et de spécificités de leurs exploitations) au-delà de leurs situations pédoclimatique, biotique ou matérielle (Tableau 8).

Les explorations des auteurs de ces travaux s'opèrent généralement à l'échelle de microrégions, dans lesquelles ils peuvent définir des caractéristiques communes entre des exploitations. En particulier, ces travaux ont en commun de reposer sur des études auprès de populations représentatives d'agriculteurs (notamment au plan des conditions pédo-climatiques). Une première étape de leur travail consiste à spécifier des déterminants de pratiques (constituant la base de typologies ou de la définition de cadres d'objectifs et de contraintes). Les données sur les pratiques peuvent être collectées à partir de bases de données existantes (Blazy et al.), au travers d'ateliers collectifs (Lançon et al), ou au travers d'entretiens auprès des agriculteurs, associés à des observations et mesures réalisées en parcelle (Meynard). Ces auteurs ont en commun de chercher à générer des modèles prédictifs des effets des combinaisons de techniques sur le milieu cultivé, et en fonction de variations dans les états du milieu (climat, sols...). Certains s'appuient sur les connaissances scientifiques disponibles, produites dans des disciplines connexes à l'agronomie, qu'ils rassemblent, organisent et agencent en formulant des hypothèses plausibles d'interactions ; c'est parfois à partir d'expérimentations qu'ils produisent des connaissances sur ces interactions et pour compléter ces modèles (ex. Meynard, **Encadré 5**). Lorsque les connaissances scientifiques sur le sujet sont lacunaires, ces modèles peuvent être bâtis à dire d'experts, au travers d'ateliers collectifs (ex. Lançon et al.). Et l'expérimentation en ferme est une voie privilégiée de fiabilisation des prédictions de ces modèles.

Dans ces travaux, les modélisations des déterminants des pratiques (typologies, cadres d'objectifs et de contraintes) et les modélisations des effets de techniques constituent la base de la conception d'itinéraires techniques. Ceux-ci consistent en des combinaisons optimales entre des techniques, des environnements probables, des cadres d'objectifs et de contraintes et des performances visées. La génération des prototypes peut être appuyée par des simulations (Meynard), ou bien être réalisée à dire d'experts (Lançon et al.) et les prototypes générés sont mis à l'épreuve au travers d'expérimentations 'système' en ferme ou à l'aide de modèles in silico (Blazy et al.).

Les prescriptions émergeant de ces travaux consistent en des classes d'itinéraires techniques, adaptées à des cadres d'objectifs et de contraintes, parfois déclinées sous forme de règles de décision. Et ces travaux contribuent à la production de connaissances en agronomie sur des interactions entre techniques et avec des environnements cultivés, qui s'expriment souvent au travers de modélisations.

Encadré 5. Eléments sur les explorations de J.M. Meynard « Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver » (1985)

Le travail part du constat que la diversité des exploitations agricoles, les incertitudes du marché et les risques de nuisances environnementales imposent de savoir cultiver le blé à des niveaux différents d'intrants. Meynard explique qu'en changeant de niveau d'intrants, de choix de risques ou de type de contraintes imposées par l'exploitation agricole, tout l'itinéraire technique doit être reconçu. L'objectif du travail est de générer des « *itinéraires diversifiés, répondant à des besoins variés d'agriculteurs* » dans la région naturelle du Noyonnais (Oise).

Une première étape de son travail consiste à éclairer quelles sont ces contraintes dans le Noyonnais. Après avoir décrit l'itinéraire technique optimal prescrit par les techniciens agricoles de la région, il étudie, au travers d'entretiens, les pratiques d'agriculteurs sur blé (il recueille des informations journalières sur les causes d'écarts aux prescriptions, et leur avis sur ces causes). En confrontant le prescrit au réalisé 'en ferme' il montre que de nombreuses pratiques en ferme sont déviantes des prescriptions du conseil agricole et que ces écarts peuvent être liés, entre autres, à la difficulté « *d'imbriquer des activités* » sur l'exploitation (concurrence pour le matériel, la main d'œuvre, rôle du parcellaire, des autres cultures de l'exploitation...).

Il explore ensuite, à l'aide d'un diagnostic agronomique, la question suivante : Quelle est, pour chaque technique, son incidence sur l'élaboration du rendement ? Dans un premier temps, il synthétise les connaissances disponibles pour prévoir l'effet des techniques culturales sur l'élaboration du rendement. Il choisit de travailler sur des modèles contenant suffisamment peu de paramètres pour être vérifiés et suit les étapes suivantes : (i) choix des paramètres décrivant l'élaboration du rendement en l'absence de facteurs/conditions limitantes, (ii) analyse des causes d'écart à ce modèle (systèmes de culture et milieux variés) et mise en évidence des liens entre milieu, système de culture et nature des facteurs limitants (utilisation de relations prédictives existantes dans la littérature), (iii) pour les facteurs limitants de chaque phase du cycle, choix de modèles rendant compte de leur influence et identification des paramètres de ces modèles, (iv) test global de la valeur prédictive de cet ensemble de modèles sur un échantillon indépendant de parcelles. Ce travail lui permet d'aboutir à la construction d'un 'schéma d'élaboration du rendement' sur lequel, parmi l'ensemble des relations fonctionnelles connues, il peut déterminer celles qui, en interaction et dans les conditions de milieu et d'emploi des techniques de la région, sont les plus déterminantes pour le niveau de chaque composante du rendement.

Il souhaite construire deux itinéraires techniques, de niveaux d'intrant différents et visant, dans les deux cas, à maintenir une marge brute aussi élevée que possible. Il explique que « *L'imprécision des modèles utilisés, le caractère aléatoire ou non totalement maîtrisé d'événements subordonnent la construction des itinéraires techniques à un choix de risques à minimiser qui doivent être hiérarchisés et imposent un suivi en temps réel de la culture pour vérifier l'application du programme* ».

Dans un cas (Itinéraire technique A), il fixe d'accepter un coût d'intrants élevé, en liaison avec l'espérance de rendement élevé, et dans l'autre (itinéraire technique B), il se fixe de réduire l'emploi d'intrants au prix d'une infériorité des rendements. Il explique qu'un préalable à la construction des itinéraires techniques est la définition d'un programme d'élaboration du rendement, soit le choix d'état-objectifs du peuplement végétal, liés aux composantes du rendement, et qui seraient à atteindre dans chaque cadre de contrainte retenu. Ce programme se concrétise, par exemple dans le cas A, par la recherche d'un nombre de grain élevé par m², proche du maximum variétal, et imposant, selon les résultats de l'étape 2, un usage élevé de fumure azotée, de traitements fongicides et de régulateurs de croissance. Dans les deux cas, il fixe des « niveaux objectifs » pour les composantes de rendement et la biomasse aérienne. Chacun de ces programmes permet ensuite de préciser les caractéristiques des itinéraires techniques prévisionnels qu'il met ensuite à l'épreuve, en expérimentation système, pour vérifier, en temps réel, par des suivis, l'application du programme. Les données collectées en expérimentation permettent, si besoin, de déboucher sur une révision du programme et des étapes ultérieures de l'itinéraire technique prévisionnel. Les résultats permettent, en règle générale, de valider les hypothèses posées lors de la construction. Pour finir, il propose d'autres options techniques, variantes dans les itinéraires techniques A et B, qui permettent de prendre en considération les contraintes organisationnelles.

3.5. Régime de conception 5 - Générer des prescriptions pour stimuler la conception de systèmes techniques par les agriculteurs

☀ Eléments de contexte

On identifie un autre régime qui s'exprime et s'ancre, depuis la fin des années 1990, dans la littérature, en France et à l'international, où des auteurs se positionnent vis-à-vis de leurs prédécesseurs ou contemporains (ex. Darnhofer et al., 2010 ; Mc Cown, 2001). Un axe majeur de distinction, dans ces travaux, se rapporte à la place et au rôle des agriculteurs dans les processus d'innovation impliquant la R&D. On cherche en effet à renouveler les représentations agronomiques de ce que font les agriculteurs et la manière dont ils font évoluer leurs pratiques, pour davantage prendre en compte l'incertain, l'inconnu dans les pratiques – renforcé par les enjeux de réduction des intrants de synthèse – et dépasser l'idée qu'il serait possible aux acteurs de la R&D de concevoir des modes de production adaptés à chaque ferme.

Cette dynamique scientifique prend racine au sein du département SAD²⁹ de l'INRA, où c'est au travers de travaux croisant les regards de différentes disciplines que sont discutées les relations entre connaissance et action, les modalités des processus d'innovation ou encore les rôles que jouent ou pourraient jouer des chercheurs au sein de dynamiques partenariales pour innover (par exemple : Albaladejo et Casabianca, 1997 ; Beguin et Cerf, 2009). On s'interroge sur quels acteurs non scientifiques il est important d'impliquer dans la recherche et l'innovation, parfois à des échelles qui dépassent la parcelle ou l'exploitation : on évoque des enjeux au niveau de systèmes alimentaires (Francis et al., 2003), de territoires (Papy et Torre, 2002 ; Jeuffroy et al., 2018), on s'intéresse aux verrouillages sociotechniques dans le changement (ex. concernant la diversification des cultures, Meynard et al., 2018).

De nouvelles dynamiques partenariales s'observent notamment au sein de réseaux associant acteurs de la Recherche et du Développement agricole (ex. Réseau Mixte Technologique Systèmes de Culture Innovants, Bergeret, 2011), parfois dans des organisations soutenues et impulsées par l'Etat et dans lesquelles se nouent de nouvelles formes de collaboration entre agriculteurs, recherche et acteurs du développement agricole (Guyomard et al., 2011).

Dans la lignée de travaux internationaux engagés dans les années 1990 (Chambers et al., 1989), on reconnaît et on cherche à soutenir et à valoriser l'innovation par les agriculteurs (Goulet et al., 2008). Le changement dans les pratiques agricoles devient un nouvel objet de recherche : on étudie les transitions (Coquil, 2014), la conception pas-à-pas (Mischler et al., 2009 ; Toffolini, 2016) ou encore les dynamiques d'apprentissages des agriculteurs (Chantre, 2012 ; Catalogna, 2018 ; Cristofari, 2018).

²⁹ Sciences pour l'action et le développement, auparavant dénommé Systèmes agraires et développement.

On interroge aussi les modalités de génération des prescriptions en agronomie, avec une critique des modèles prédictifs dans leur capacité à prendre en compte les dynamiques écologiques des milieux (Cohen, 2017), la part d'inconnu qui réside dans les pratiques (Bredart et Stassart, 2017) et certains discutent des limites des concepts théoriques issus des régimes précédents (Barbier et Goulet, 2013).

Dans cette dynamique on s'appuie sur de nouvelles assises théoriques (ex. les théories des systèmes adaptatifs, les théories de la conception) et différents auteurs proposent de nouveaux instruments de production de connaissances : les ateliers de conception participatifs (Reau et al., 2012), les démarches de co-conception (ex. Husson et al., 2016 ; Duru, 2013 ; Etienne, 2010, Meynard et al., 2012), des clés pour favoriser l'hybridation des connaissances entre scientifiques et agriculteurs (Girard et Navarrete, 2005), des modélisations adaptatives (Martin, 2015 ; Etienne et al., 2010) ou encore des études de pratiques innovantes d'agriculteurs (Salembier et al., 2016 ; Blanchard et al., 2017).

☀ **Traits des processus de conception**

Dans les travaux que nous avons étudiés et associés à ce régime, les auteurs souhaitent contribuer à la génération de systèmes agricoles innovants (notamment en relation avec les enjeux agri-environnementaux) en soutenant leur conception par des agriculteurs. Ces travaux portent sur des problématiques variées : par exemple (Tableau 4 et Tableau 9), Le Bellec et al. travaillent sur la réduction des usages de pesticides en production d'agrumes, Lefèvre et al. sur la gestion de la fertilité du sol, Moraine et al. sur la conception de systèmes de production mixtes en agriculture-élevage à l'échelle de territoires.

Dans ce régime, les processus de conception reposent sur de nombreuses interactions en collectif, au cours desquelles des agriculteurs/éleveurs, les chercheurs, voire d'autres acteurs (conseillers agricoles, administration locale...), mutualisent leurs projets, leurs connaissances et savoir-faire pour contribuer à la génération de nouveaux systèmes agricoles. Aussi, ce qui fait 'système' (les frontières, les objets embarqués...) fait l'objet de débats avec les acteurs impliqués, notamment les agriculteurs.

Dans ces travaux, une première étape consiste en la réalisation, avec un groupe d'agriculteurs ou parfois aussi d'autres acteurs, d'un diagnostic sur la situation et la construction d'une visée partagée : comment préciser le problème de conception ? Quelles sont les visées du processus (ex : réduction du recours aux pesticides qui se focalise suite au diagnostic sur la gestion des adventices, Le Bellec et al.)?

La génération de nouveaux systèmes agricoles prend racine sur la spécification d'inconnus désirables avec les acteurs impliqués. Lorsque cela s'avère pertinent, les scientifiques produisent, collectent et/ou injectent des connaissances pour stimuler ou soutenir ces explorations sur des questions particulières. Par exemple, au cours d'ateliers de conception, Lefevre et al. présentent des pratiques d'agriculteurs qu'ils considèrent pionnières dans la gestion de la fertilité du sol, et les soumettent à discussion au sein du groupe d'agriculteurs impliqués ; Moraine et al. soumettent à la critique des participants, des

systèmes de culture conçus par les chercheurs ; et Le Bellec et al. apportent des connaissances sur l'écologie d'une adventice au cours d'une exploration sur 'le couvert comme moyen de maîtriser les adventices'.

	Citations
Intention	<i>"Stakeholders are involved: first, farmers, who are the initial and final designers as well as being responsible for and involved in daily agricultural practice; second, researchers, who provide scientific knowledge and conceptualize methods and tools; and third, agricultural advisers, who provide local technical knowledge and transfer scientific results to farmers. (...) Different users need different assessment tools"</i> (Le Bellec et al., 2012, p 705 and 706)
Processus de conception	<i>"Step 1: seeking volunteer farmers (...) Step 2: institutionalizing the project (...) Step 3: identifying objectives (...) Step 4: exploratory prototype design (...) Step 5: peer assessment of exploratory prototypes (...) Step 6: exchange of views on existing innovative situations and scientific knowledge (...) Step 7: designing prototypes, including constraints (...) Step 8: ex ante assessment"</i> (Lefèvre et al., 2013, p 625) <i>"Our methodology was applied within a group of organic farmers (southwestern France) that we led through iterative sequences of diagnosis/design/assessment of a TCLS.[territorial crop livestock systems]"</i> (Moraine et al., 2017, p 341) <i>"The aim is not to (...) produce a new complete arable (...) cropping system, which can be implemented on the farms after completion of a prototyping process. (...) sustainable dynamics implies considering changes at larger scales (farm and region) as well as creating feedback and facilitating the active participation of all the stakeholders involved in the process. (...) the DISCS method is a farmer–researcher co-design process that creates the conditions for an ongoing dynamic relationship between agricultural and public stakeholders to build a solution that can continuously be adjusted to stakeholders' expectations."</i> (Le Bellec et al., 2012, p 705)
Contenus prescriptifs	<i>"A ten-indicator-assessment tool, based on the criteria selected during the public workshop at step 2. (...) Even before the end of the experimental trials (step 3), the PNeo prototype was put into practice by one citrus farmer in 2008. His positive feedback concerning the efficiency of the cover plant for weed control and the apparent lack of impact on fruit yield after 2 years encouraged two more citrus farmers to plant <i>N. wightii</i> as a ground cover before the end of 2010."</i> (Le Bellec et al., 2012, p 712)

Tableau 9. Citations extraites d'écrits que nous avons étudiés dans le régime de conception 5³⁰

Les propositions de systèmes techniques qui émergent sont discutées et évaluées collectivement, en relation avec les objectifs et intérêts du groupe ou de l'agriculteur qui s'en saisirait. Les propositions sont mises à l'épreuve et parfois adaptées par leur mise en œuvre dans les exploitations (Moraine et al.), par la modélisation (Lefèvre et al.) ou par des essais expérimentaux en station (Le Bellec et al.). Parfois les auteurs produisent aussi des connaissances sur les conditions de mise en œuvre de ce qui a été imaginé, sur la faisabilité 'en pratique' en fonction des situations locales (ex Moraine et al. identifient les leviers pour une coordination territoriale entre éleveurs et agriculteurs).

Dans ces travaux, les agriculteurs sont impliqués au long du processus et les auteurs souhaitent stimuler le changement en ferme (Tableau 9). Des contenus prescriptifs destinés à d'autres agriculteurs que ceux directement impliqués sont aussi souvent générés (ex. des outils d'évaluation génériques, Le Bellec et al.).

³⁰ Pour ce régime, nous n'avons pas détaillé d'exemple en encadré au-delà du tableau 9, nous renvoyons le lecteur aux articles accessibles dans les revues dans lesquels ils ont été publiés.

4. Discussion intermédiaire

Cette discussion s'articule autour de deux volets : d'abord nous proposons de mettre en perspective des travaux contemporains vis-à-vis des régimes de conception que nous avons décrits (§4.1.), puis nous revenons sur quelques enseignements de ce chapitre pour la conception de systèmes agricoles aujourd'hui (§4.2.).

4.1. Mise en perspective d'approches contemporaines vis-à-vis de régimes de conception construits dans l'histoire

Ce chapitre nous a permis de caractériser des régimes archétypiques de conception en agronomie, dans des contextes historiques particuliers. Les traits des processus qui émergent dans chaque régime offrent des repères pour discuter d'approches qu'on trouve dans des travaux en agronomie aujourd'hui. Une exploration de la littérature contemporaine sur la conception nous permet de retrouver certains de ces traits. Par exemple, dans de nombreux travaux, on retrouve des traits du régime de conception 2 : l'enjeu y est de rationaliser l'usage d'un nouvel intrant dans différentes situations agronomiques. C'est en s'appuyant sur des connaissances produites dans un cadre scientifique que les auteurs proposent des modélisations de relations entre des intrants et leurs effets sur des facteurs limitants et dont ils valident l'efficacité au travers d'expérimentations. Ces travaux aboutissent à la production de règles à appliquer au champ (ex. Brandsæter et al., 2012). On trouve par ailleurs un grand nombre de travaux dans lesquels sont proposés des outils d'aide à la décision, comme dans le régime de conception 3. Ces outils visent à optimiser de plus en plus précisément l'usage d'intrants au champ, sans prendre en compte les interactions avec d'autres techniques, et l'enjeu se situe sur l'optimisation, par les agriculteurs, de l'usage d'intrants dans leurs parcelles (ex. l'agriculture de précision est aujourd'hui emblématique de ces travaux, Lindblom et al., 2016). La conception de systèmes de culture (comme dans le régime de conception 4) fait aussi l'objet de nombreux travaux actuellement, et les capacités d'explorations de systèmes techniques de plus en plus sophistiqués sont accrues par le développement de nouveaux systèmes informatiques. Mais dans un grand nombre de ces travaux aujourd'hui, on ne réalise pas d'études de pratiques d'agriculteurs, les cadres d'objectifs et de contraintes sont définis à dire d'experts, et c'est à l'aide d'outils informatiques qu'on simule, *in silico*, les performances des systèmes générés (ex. Bergez et al., 2010 pour le cas de modèles bio-décisionnels). On peut aussi s'interroger si, aujourd'hui, les nombreuses expérimentations et observations dont rendent compte différents auteurs, en biodynamie ou en permaculture par exemple (Ferguson et Lovell, 2014), en dehors des canaux institués de la R&D, ne pourraient pas être rapprochées de démarches d'exploration empruntées par les auteurs dont nous avons étudié les écrits dans le régime 1. On trouve également aujourd'hui un grand nombre de travaux – qu'on pourrait associer à d'autres formes d'expression du régime 5 que celles que nous avons décrites dans les résultats (Moraine et al., Le Bellec et al., Lefèvre et al.) – dans lesquels les instruments de production de connaissances qui ont émergé dans des contextes historiques particuliers

(le diagnostic agronomique, l'expérimentation en station, ...) sont aujourd'hui hybridés, revisités et enrichis pour explorer la conception de systèmes agricoles en s'appuyant sur ce que font et souhaitent faire des agriculteurs (ex. Leclère et al., 2018 ; Husson et al., 2016). Ces travaux suggèrent qu'un enrichissement de nos résultats serait d'explorer les formes d'hybridation entre régimes qui s'expriment aujourd'hui pour faire face aux enjeux contemporains.

4.2. Enseignements pour la conception de systèmes agricoles : vers de nouvelles méthodologies pour étudier des pratiques d'agriculteurs ?

Nos résultats apportent un point de vue complémentaire aux différentes revues de littérature en agronomie (évoquées en introduction), en proposant de mettre en perspective les enjeux actuels des activités de conception, vis-à-vis d'approches situées dans le contexte de leur émergence.

Dans chaque régime, on voit que des communautés scientifiques ont inventé, légitimé et prennent appui sur un bagage théorique et une instrumentation partagée pour produire des connaissances et générer des prescriptions (comme le montre ce que nous avons décrit dans les paragraphes 'contexte' des résultats). Ce bagage comprend des représentations, dont nous avons rendu compte en explicitant des modèles conceptuels, qui traduisent des regards ('des lunettes') qui ont été adoptées pour observer les pratiques agricoles dans leur environnement, et envisager leur amélioration. Ces représentations, nous l'avons vu, se cristallisent souvent en des concepts (facteur limitant, itinéraire technique, effet précédent...) et sont associés à des instruments permettant de produire des connaissances et de 'faire la preuve', selon des canons institués, en vue de générer des prescriptions. Ainsi, la notion de facteur limitant s'est avérée particulièrement féconde pour rationaliser l'usage d'intrants conçus hors des fermes, en prenant appui sur des expérimentations en station. Les concepts d'itinéraire technique, de système de culture, de système d'élevage, de système fourrager se sont avérés être des moyens de cadrer l'exploration face à la complexité des situations de production (Landais et al., 1989). Et le diagnostic agronomique ou les expérimentations systèmes ont permis de soutenir la production de connaissances en cohérence. Les modèles conceptuels sont à la fois ce qu'on cherche à enrichir au cours d'un travail de conception (pour générer des prescriptions), mais ils peuvent aussi constituer des 'filtres' (Hatchuel et Weil, 2008), dans le sens où ils définissent des frontières, plus ou moins a priori, de ce que l'on regarde et de ce qu'on peut générer. Ainsi, comme le soulignent Barbier et Goulet (2013), resituer ces concepts et instruments de production de connaissances dans le contexte de leur émergence, nous invite à discuter de leurs intérêts et limites pour traiter les questions qui émergent aujourd'hui en agriculture. Ces auteurs s'interrogent notamment sur la prise en compte, par les concepts théoriques de l'agronomie système (qu'on peut rapporter au régime 4), de l'action opérée par les entités naturelles dans l'optique d'une écologisation de l'agriculture. Nos résultats rendent compte d'une sophistication croissante des modèles conceptuels d'un régime à l'autre (notamment du 2 au 4 dans lesquels c'est avant tout l'agronome qui conçoit les propositions techniques innovantes). Dans le régime 5, en cours d'installation de nos jours, il semblerait

que cette sophistication s'accroisse encore (on parle de systèmes alimentaires, de conception à l'échelle des territoires...), mais on voit que la gestion de cette complexité au cours de la conception passe par de nouvelles formes de répartition des efforts de gestion de la complexité au cours de processus de conception conception, entre agronomes, agriculteurs et autres acteurs en agriculture. Cette nouvelle répartition des efforts de conception semble davantage prendre appui sur l'organisation distribuée de la production de connaissances en agriculture (Joly, 2017 ; Girard, 2014).

Au-delà des modèles conceptuels portant sur 'ce qu'on observe', Cerf et Meynard (2006) insistent sur l'enjeu de rendre explicites, au cours de la génération de prescriptions, les représentations que les concepteurs ont de l'action des agriculteurs. Autrement dit, ils invitent à expliciter la façon dont celui qui produit les prescriptions envisage ce qui pourra en être fait par des agriculteurs. Dans les différents régimes, on peut rapprocher ces représentations de différentes figures d'usagers-agriculteurs, considérés comme, dans les 5 régimes, comme expérimentateurs, applicateurs, optimisateurs, décideurs puis concepteurs : on leur fournit des principes d'action qu'on les invite à expérimenter et à mettre à l'épreuve dans leurs situations (RC1) ; on met à leur disposition des règles qui leur indiquent comment appliquer une technique au champ (RC2) ou optimiser son usage dans différents environnements bio-physiques (RC3) – ces deux dernières représentations sont aussi décrites par Cerf et Meynard (2006) concernant les outils d'aide à la décision. Dans le (RC4) on fournit aux agriculteurs des combinaisons de techniques, adaptées à différentes situations de production et parmi lesquelles ils pourraient choisir celle qu'ils jugent être la meilleure. Et, dans le (RC5) on cherche plutôt à stimuler la conception par les agriculteurs. De nombreux travaux se sont intéressés à l'outillage de la décision et de l'optimisation de techniques par les agriculteurs, parfois en rendant compte des limites de telles approches dans la façon dont elles se représentaient l'action des agriculteurs (Mc Cown (2001) souligne par exemple les limites de travaux dans lesquels sont générés des outils d'aide à la décision, notamment dans leur incapacité à prendre en compte la dynamique des situations agronomiques et sociales dans lesquels ces outils seraient mobilisés). Cependant, hormis quelques travaux récents (ex. Prost et al., 2018), on connaît encore mal les formes que pourraient prendre des prescriptions en agronomie pour soutenir la conception par les agriculteurs. Un nombre croissant de guides ou articles dans lesquels des acteurs de la R&D font des propositions pour soutenir la conception en ferme (ex. Attoumani-Ronceux et al., 2010) paraissent néanmoins. On analyse les formes de 'participation' des agriculteurs au cours de processus de conception (Lacombe et al., 2018 ; Le Gal et al., 2011), sans toutefois distinguer clairement ce que les travaux engagent à la fois pour des 'agriculteurs impliqués au long de la recherche' et pour des 'agriculteurs à qui seraient destinés des prescriptions' au-delà de ceux impliqués.

Les traits de ce régime 5 nous invitent aussi à interroger comment les méthodes en agronomie prennent en compte la conception et l'innovation 'par les agriculteurs'. En ce sens, on constate que les auteurs que nous avons associés au régime de conception 1 organisaient la mise en circulation de connaissances entre agronomes et agriculteurs pour bénéficier d'explorations locales, et dans l'optique d'identifier des

hypothèses de recherche, d'enrichir ou renouveler leurs modèles conceptuels au cours de processus de conception. C'est dans le régime 4 que nous avons rendu compte de l'émergence de nombreuses méthodes développées pour étudier des pratiques d'agriculteurs (diagnostic agronomique, modélisation des décisions...). Nous avons montré que ces études visaient avant tout à identifier des régularités dans les manières de faire et dans les systèmes de production, et à repérer des problèmes à résoudre, dans l'optique d'orienter et d'adapter au mieux les prescriptions. Dans la suite de cette thèse, nous explorerons comment et en quoi, dans le contexte contemporain, l'étude de pratiques singulières, jugées 'innovantes', d'agriculteurs est une voie, empruntée par certains acteurs de la R&D, pour enrichir la production de connaissances et la génération de prescriptions en agronomie.

Chapitre 2. Etudes de pratiques innovantes d'agriculteurs aujourd'hui : enseignements de 12 initiatives de la R&D agricole et modélisation des raisonnements

Ce travail a bénéficié de riches échanges avec Marie-Hélène Jeuffroy, Jean-Yves Porhiel, Marie-Sophie Petit, Claire Cros, Raymond Reau, Nicolas Sinoir, Aïcha Ronceux, Marine Gimaret, Elise Favrelière, Audrey Petit, Leaticia le Breton, Stéphane Cadoux, Sébastien André, Martin Lechenet, Camille Noilhan

Dans ce second chapitre de résultats, nous focalisons notre attention, dans le régime 5, sur l'étude d'initiatives contemporaines, dans lesquelles sont étudiées des pratiques jugées innovantes d'agriculteurs, chaque fois dans l'optique de soutenir des dynamiques d'innovation en agriculture. Notre objectif sera, par l'étude transversale de 12 initiatives, d'identifier des relations entre « étude des pratiques innovantes d'agriculteurs » et « activités de conception » en agronomie.

1. Éléments d'introduction

Etudier et faire connaître des pratiques jugées innovantes, hors-norme, atypiques d'agriculteurs pour soutenir l'innovation est, depuis quelques années, au cœur d'un nombre croissant d'initiatives de la R&D agricole (Goulet, 2017). Cette dynamique s'observe au sein d'initiatives locales, nationales et internationales, portées par des agriculteurs (ex. Agricool ; Prost et al., 2017 ; Goulet, 2017 ; future-farmers.net) ou des acteurs de la R&D (ex. FarmHack), dans la presse agricole (**Encadré 6**), dans différents documents d'orientation stratégique et appels à projets de la R&D (ex. réseau EIP-Agri, H2020 ; « *fuelling the potential of advisors for innovation* »), ou encore dans la sphère scientifique, où des chercheurs portent un intérêt croissant aux innovations d'agriculteurs (Smith et al., 2014 ; Girard, 2015 ; Salembier et al., 2016).

Ces initiatives émergent dans un contexte où l'agroécologie est affichée comme un projet collectif souhaitable pour l'agriculture, et cette visée ouvre de nouvelles questions en agronomie et aux agriculteurs : en reposant sur la valorisation des équilibres naturels, la conception et la gestion de ces systèmes suppose un accroissement de la prise en compte des interdépendances et des coévolutions entre les composantes de l'agroécosystème (Bonaudo et al., 2014), qui sont spécifiques à chaque situation de production et pour beaucoup méconnus (Bawden, 1992 ; Brugnach et al., 2008). Cette méconnaissance freine la capacité à prédire les effets de techniques, et suppose d'imaginer des systèmes adaptables et adaptés aux situations, prenant en charge les incertitudes et les aléas auxquels est soumise l'agriculture (ex. marché, climat) (Voß et al., 2007).

Différents auteurs montrent comment, malgré ces difficultés, des agriculteurs font évoluer leurs pratiques (Bredart et Stassart, 2017). Dans de nombreux travaux, on évoque le fait que ces évolutions sont rarement radicales : ce sont des processus progressifs, qui s'inscrivent dans le temps long, liés aux cohérences agronomiques et aux logiques professionnelles de ceux qui s'y engagent (Chantre et Cardona, 2014). Ces changements s'opèrent dans et par l'action des agriculteurs dans leurs situations (Lamine, 2011). Ils impliquent aussi souvent une prise de risque (Dedieu et al., 2008), que les capacités adaptatives aident à gérer. Ils peuvent être initiés suite à des difficultés pratiques au jour le jour, ou par la prise de conscience d'une incohérence entre des activités et un projet personnel (Coquil, 2014), par des successions intergénérationnelles, des difficultés financières, des problèmes de santé (Sutherland et Darnhofer, 2012), des aléas extérieurs (ex. climat, marché) (Darnhofer et al., 2010) ou par des informations, imprédictibles et surprenantes, que l'agriculteur acquiert, et qui l'invitent à renouveler ses manières de faire (Bredart et Stassart, 2017). Ces changements impliquent, entre autres, l'acquisition de connaissances nouvelles par les agriculteurs : au travers de leurs pratiques quotidiennes et de leurs observations (Goulet et al., 2008 ; Stuiver et al., 2004), au travers d'expérimentations qu'ils conduisent chez eux (Catalogna et al., 2018) ou d'échanges dans des groupements professionnels locaux (Darré et al., 1989). Et, différents travaux montrent aussi que c'est en s'appuyant sur des prescriptions, produites

et mises en circulation par la recherche et le développement agricole, que les agriculteurs peuvent acquérir des connaissances, des instruments et des savoir-faire pour faire évoluer leurs pratiques (Chantre, 2011 ; Coquil, 2014).

Alors que jusqu'à récemment, les méthodes de production de connaissances sur des pratiques d'agriculteurs se sont avant tout focalisées sur l'étude de régularités, et dans l'optique de générer des prescriptions prédictives (chapitre 1 ; Cohen, 2017), l'étude de pratiques innovantes témoigne de l'émergence de nouvelles manières de faire : on souhaite apprendre de pratiques singulières, inconnues, jugées innovantes. Bien que le nombre de ces études croisse aujourd'hui, on connaît mal les modalités de leur réalisation et leurs contributions à des dynamiques de changement : pour quelles raisons ces pratiques sont-elles étudiées ? Pour qui sont-elles innovantes et que signifie innovant ? Comment les agriculteurs qui les mettent en œuvre sont-ils repérés ? Quels contenus agronomiques sont produits, et comment ? Et, qu'en retirent ceux qui réalisent ce travail ? Ces derniers génèrent-ils des contenus prescriptifs à partir de ce qu'ils ont appris ?

Dans ce chapitre, au travers de l'étude de 12 initiatives de la R&D, nous proposons d'explorer la question de recherche suivante :

Comment et dans quelles situations étudie-t-on des pratiques innovantes d'agriculteurs au cours d'activités de conception ?

Dans la suite du chapitre, nous présenterons la méthode suivie dans cette recherche (§2), nous présenterons les 12 cas d'étude (§3) puis les résultats de ce chapitre (§4) que nous discuterons dans un dernier temps (§5).

Encadré 6. Extrait de Entraid' magazine n°310, décembre 2017

« Edito (...) En pleine crise agricole en décembre 2016, nous vous proposons de voir la vie en rose à travers 40 solutions et conseils... Horreur, malheur, les réactions furent nombreuses. Contrairement à ceux qui considèrent que sortir des sentiers battus est de la folie, en décembre 2017, c'est elle qui nous habite. Comme ces agriculteurs que l'on prend pour des fous mais qui font avancer l'agriculture. Il y a trente ans, les premiers à avoir acheté un robot de traite, à s'être réunis pour travailler ensemble, à se lancer dans l'aventure du semis direct... Aujourd'hui, ça ne surprend plus personne. »



Mais à l'époque, il fallait avoir du courage, de l'instinct et de la conviction pour se lancer. Et aujourd'hui ? Qui sont nos nouveaux fous ? Ceux que l'on regarde de travers et qui, dans quelques années, auront redéfini la norme ou accompagné les tendances de développements techniques, technologiques ou encore sociétaux... Pas facile de les identifier, c'est néanmoins ce que nous avons cherché à faire dans ce numéro. »

2. Méthode de recherche : étude d'un panorama de cas

☀ Choix d'une étude à partir de cas

Comme l'objectif de ce travail est de mieux comprendre des relations entre 'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs' et 'activités de conception' en agronomie, nous avons choisi une démarche de recherche compréhensive (Dumez, 2013), basée sur plusieurs cas d'étude (étude de cas multiple – Yin, 2003). L'intérêt d'une telle approche est de s'appuyer sur les convergences et divergences entre cas pour enrichir une construction théorique commune. Les initiatives que nous avons étudiées ont été retenues sur les critères suivants :

1) elles ont vu le jour dans l'optique de produire des connaissances pour faire évoluer les pratiques agricoles ;

2) au moins une partie de ces connaissances ont été produites au travers de l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs ;

3) les acteurs de la R&D génèrent et mettent en circulation des contenus agronomiques valorisant tout ou partie de ce qu'ils ont appris sur ces pratiques innovantes. Dans l'optique de pouvoir tracer des relations entre la réalisation de l'étude et la génération de prescriptions, nous avons retenu des cas dans lesquels avait déjà été valorisée au moins une partie de ce qui avait été appris au cours de l'étude de pratiques innovantes,

4) nous avons retenu des initiatives émergeant dans des contextes institutionnels variés (Chambre d'Agriculture, INRA, Bureau d'études...), avec l'hypothèse que leurs expériences contrastées – orientées selon les cas, plutôt recherche ou plutôt développement – nous ouvriraient des pistes de discussion originales sur les convergences et divergences dans les pratiques agronomiques aujourd'hui. D'autres points de divergence entre cas ont émergé, au fil de l'analyse : la temporalité des initiatives (format projet versus dispositif pérenne), l'aire géographique de déploiement du processus (un département vs la France entière), et l'organisation des tâches relatives à l'étude des pratiques innovantes (quelques acteurs pilotent le processus, les tâches sont réparties entre différents acteurs...). Lorsque nécessaire, nous nommerons « porteurs de cas » ou « porteurs d'initiatives », les acteurs de la R&D réalisant les différentes tâches sous-jacentes à l'étude de pratiques innovantes et à la génération de prescriptions.

☀ Démarche de collecte des données

Dans ce travail la collecte des données et leur analyse ont été concomitantes. Elles ont suivi un processus itératif. Pour tous les cas, la collecte des données s'est déroulée entre Janvier 2017 et Février 2018. Au total, 23 entretiens semi-directifs ont été réalisés, avec les porteurs de chaque initiative étudiée, de 2 à 6 heures chacun (de 1 à 3 entretiens ont été réalisés par cas, renouvelés au besoin au fil de l'analyse des données). Chaque entretien a été enregistré et retranscrit intégralement.

Les entretiens ont été structurés pour faire expliciter les conditions et les modalités de réalisation de l'étude de pratiques innovantes en situation de conception : de l'initiation de l'étude à la génération de contenus prescriptifs. Plus précisément, les champs de questions suivants ont été abordés au cours des échanges : comment cette initiative a-t-elle émergé et dans quel contexte (personnes impliquées, institutions concernées, financements, calendrier, etc.) ? Qu'est-ce que les porteurs de cas considéraient comme innovant et comment le définissaient-ils ? Comment s'est déroulé le processus : comment ont-ils interagi avec les agriculteurs, qu'ont-ils cherché à comprendre ? Quelles analyses ont-ils réalisées ? Comment et qui était impliqué ? Qu'ont-ils appris, quelles ont été les surprises et qu'en ont-ils fait ? Quels contenus agronomiques ont-ils mis en circulation, par quelles voies, et comment les ont-ils construits ?

Des observations de 10 événements (réunions de restitution de résultats, journées portes ouvertes à la ferme, présentation des initiatives à des colloques) ont complété ces entretiens. Pour chaque cas, ont systématiquement été collectés : des documents présentant les initiatives, leur déroulement, leurs objectifs (diaporamas, documents de réponse à appel à projet, sites internet, compte-rendu de réunions, articles, thèse, mémoires de fin d'étude). Pour chaque initiative, nous avons collecté les supports écrits (fiches techniques, livrets de témoignage, articles...) et les vidéos qui avaient été générés dans l'optique de mettre en circulation des contenus agronomiques issus de l'étude de pratiques innovantes. En Février 2018, les premières analyses transversales des cas ont été présentées, en collectif, aux porteurs de cas sur une journée. Les échanges, réactions, compléments, critiques ont été enregistrés pour être pris en compte dans une seconde phase d'analyse.

☀ **Démarche d'analyse des données**

L'analyse que nous avons réalisée a commencé au cours des entretiens, de leur retranscription, ainsi qu'au cours des observations et de l'étude des documents écrits. Elle repose sur des itérations entre des analyses intrinsèques de chaque cas et des analyses transversales, visant à faire émerger et à catégoriser des convergences et divergences entre cas. Nous nous sommes inspirés de la démarche de codage multithématique pour cette analyse (Dumez, 2013).

En prenant l'entrée des raisonnements agronomiques, l'analyse avait pour objectif de rendre compte de relations entre la réalisation de l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs et l'exploration de nouveaux systèmes techniques, aboutissant à la génération de prescriptions (conception). En particulier, nous avons cherché à tracer, dans les différents cas, ce que stimule (initie) la réalisation de l'étude de pratiques innovantes, et les processus épistémiques et les instruments qu'elle engage pour 'gérer' des explorations dans l'inconnu. Dans les résultats, nous parlons de 'gérer/gestion de l'inconnu' en référence à ce que font les porteurs de cas pour stimuler l'émergence, cadrer et produire des connaissances sur ce qu'ils découvrent des pratiques d'agriculteurs (ex. la découverte d'une pratique les invite-elle à aller chercher de nouvelles connaissances pour produire une intelligibilité ou un jugement ? Identifient-ils

des lacunes de connaissances ? Qu'en font-ils ?...). Les premières analyses ont mis au jour que les différentes tâches constituant l'étude de pratiques (le repérage des agriculteurs, l'analyse des pratiques...) pouvaient engager différents acteurs, ce qui nous a conduit à caractériser les dynamiques collectives à l'œuvre au cours de l'exploration. Pour rendre compte des relations entre étude de pratiques innovantes et conception, nous avons cherché à renseigner ce qu'apprennent ceux qui s'y engagent (ex. ils identifient une technique jusqu'alors inconnue, ils ouvrent de nouveaux champs de recherche) et nous avons cherché à rendre compte de ce qu'ils décident de mettre en circulation, auprès d'autres acteurs, à partir de ce qu'ils ont appris. Concernant ce dernier point, comme dans le chapitre 1, nous avons analysé les contenus agronomiques mis en circulation dans l'optique de rendre compte de la manière dont les porteurs d'initiatives prescrivent l'action, en analysant (codage) la nature de ces contenus et les relations entre connaissances qui y sont présentées.

Notre analyse s'appuie sur l'assise théorique que nous avons présentée dans la partie problématique de recherche : les catégorisations des processus reliant étude de pratiques et conception prennent appui sur les repères heuristiques que nous avons identifiés dans la partie 1.3. et la catégorisation des contenus agronomiques à visée prescriptive générée prend appui sur des acquis de l'agronomie système³¹.

3. Présentation des 12 cas d'étude

Les cas d'étude sont présentés dans le Tableau 10, nous les décrivons brièvement ici.

Le cas « **Ecophyto** » est un travail de recherche (2014 à 2017), porté par l'INRA, dont l'objectif était d'étudier la faisabilité d'une réduction de l'usage de pesticides en France par le repérage puis l'analyse de systèmes techniques innovants parmi un échantillon de systèmes mis en œuvre dans 1000 fermes. Les systèmes techniques étudiés sont ceux des agriculteurs du réseau Déphy-Ferme (financé par le plan Ecophyto³²), rassemblés autour de l'enjeu de réduction de l'usage de pesticides. L'objectif de ce travail était, à partir de données de caractérisation de pratiques en ferme (listing des techniques mises en œuvre, des successions culturales, de niveau d'usages de pesticides...), d'identifier des combinaisons de techniques favorables à la réduction de l'usage des pesticides, sans perte économique (« *systèmes économes et performants* »). Nous avons étudié deux articles mis en circulation par ce travail (Lechenet et al., 2016, 2017).

Le cas « **4sysleg** »³³ est un projet d'expérimentation système (2013-2019), porté par l'INRA, dont l'objectif est de concevoir, expérimenter et évaluer des systèmes maraichers sous abri économes en produits phytosanitaires de synthèse (réseau Déphy-expé, plan ECOPHYTO). C'est pour alimenter la

³¹ Par exemple, nous avons mobilisé des notions comme « analyse des logiques d'action » pour nous référer à des champs d'analyse déjà décrits dans des travaux sur l'analyse de pratiques (Gras et al., 1989). Nous nous sommes aussi inspirés de travaux issus d'autres champs, comme les travaux de Laurent et al. (2009, 2012), pour nommer les formes de preuves élaborées sur les connaissances produites.

³² Plan porté par le ministère de l'agriculture dans l'optique de réduire l'usage des pesticides à l'échelle de la France

³³ J'ai été impliquée dans la réalisation de ce travail, au cours d'un emploi précédent à l'INRA (UE d'Alénia, SAD).

conception de ces systèmes qu'a été initiée une « traque aux pratiques innovantes en ferme ». Cette traque s'est focalisée sur le repérage d'agriculteurs mettant en œuvre des associations d'espèces maraichères sous abri. En effet, au cours de la conception, les scientifiques avaient repéré cette technique pour ses propriétés en termes de régulation naturelle (ex. Ratnadass et al., 2012), mais ils avaient peu de connaissances sur les modalités de son opérationnalisation en pratique (ex. quelles espèces choisir ? Comment les agencer dans l'espace ? Comment conduire ces peuplements plurispécifiques ?) et la majorité des travaux disponibles se focalisaient sur quelques associations d'espèces particulières (ex. association tomate-basilic). La traque avait pour objectif de repérer, analyser et tirer des enseignements de la pratique de l'association d'espèces chez les rares agriculteurs qui la mettaient en œuvre en Occitanie. Les enseignements de ce travail ont été directement investis dans la conception des systèmes expérimentés, et ont été mis en circulation au travers d'un mémoire de fin d'études, et d'un article scientifique, que nous avons étudiés.

N°	Cas d'étude	Institution leader	Temporalité	Aire géographique	Organisation des tâches	Principaux contenus prescriptifs étudiés
1	Ecophyto	INRA	Projet CT	France	Centralisée	Articles (Lechenet, 2017)
2	Projet 4sysleg	INRA	Projet CT	Une région	Centralisée	Mémoire de fin d'études (Dupré, 2015)
3	Projet Legitimes	INRA	Projet CT	3 régions	Centralisée	Article, mémoire de fin d'études, plaquette projet (Lamé et al., 2016 ; Lamé, 2015 ; Jeuffroy et al., 2018)
4	Projet Agri-Bio 1	Agro-Transfert Ressources et Territoires	Projet MT	Une région	Décentralisée	Article (Favrelière et Ronceux, 2017)
5	Réseau Berry	Terres Inovia	Pérenne	Une région	Décentralisée	Guide technique (Cadoux et Sauzet, 2016)
6	Auto'N	Chambre d'Agriculture	Projet MT	Une région	Décentralisée	Article (Cros, 2017)
7	Innov' Action	Chambre d'Agriculture	Pérenne	Une région	Décentralisée	Témoignages écrits (Abgrall et al., 2016) ; espace d'échanges physiques
8	Osaе	Bureau d'étude Solagro	Pérenne	France	Centralisée	Témoignages écrits et vidéos (www.osae.org) ; espace d'échanges virtuels
9	Projet Agri-Bio 2	Agro-Transfert Ressources et Territoires	Projet CT	Une région	Centralisée	Article (Favrelière et Ronceux, 2016)
10	Réseau Agri novateurs	Chambre d'Agriculture	Pérenne	Un département	Décentralisée	Témoignages écrits ; espace d'échanges physiques (Abgrall et al., 2016)
11	Atelier Paysan	Atelier Paysan	Pérenne	France	Centralisée	Témoignages écrits
12	Projet Vitinnobio	Institut Français de la Vigne et du Vin	Projet CT	3 régions	Décentralisée	Témoignages écrits (Petit, 2016, 2018)

Tableau 10. Eléments de caractérisation et de distinction entre les 12 cas étudiés (projet CT = court terme ; MT = moyen terme)

Le cas « **Legitimes** » s’inscrit dans le projet ANR Legitimes (2014 à 2018), au sein duquel a été conduite une ‘traque aux associations d’espèces avec légumineuses à graines’. Le projet Legitimes avait pour objectif d’étudier et de construire, avec des acteurs concernés, les conditions d’une plus grande insertion des légumineuses dans les systèmes agricoles, et d’en évaluer les effets attendus, dans l’optique d’une gestion durable des territoires et des ressources. Au sein de ce projet et en relation avec les recherches des porteurs de cas, l’association d’espèces a émergé comme une technique dont il faudrait stimuler le développement, car elle permet à la fois d’éviter les effets négatifs des légumineuses en culture pure (ex. manque de compétitivité vis-à-vis d’adventices, risques de verse³⁴, risques de maladies, mal maîtrisés à l’échelle annuelle), et de tirer parti d’intérêts agronomiques connus des associations (ex. complémentarité de niche). Une ‘traque aux associations d’espèces’ a été engagée dans l’objectif de tirer des enseignements de pratiques d’agriculteurs satisfaits des associations qu’ils avaient pratiquées, notamment pour enrichir les explorations scientifiques, largement focalisées sur certains types d’associations (pois-orge, pois-avoine, pois-blé, féverole-blé représentaient 50% des articles en 2015, Lamé, 2015). Après avoir caractérisé puis analysé les associations d’espèces rencontrées en ferme, ce travail a donné lieu à la publication d’un mémoire de fin d’études et d’un article que nous avons étudiés.

Les 2 cas « **Agri-Bio** » font partie d’un projet (2014 à 2017) initié par Agro-Transfert Ressources et Territoires et ses partenaires (Chambres d’Agriculture, Agriculture Biologique en Picardie (ABP), INRA, UniLaSalle...), pour développer l’agriculture biologique dans les Hauts de France. A partir d’un diagnostic régional visant à identifier les besoins en termes de connaissances et d’innovation en AB, deux thématiques d’intérêt ont émergé : la gestion de l’azote et la maîtrise des adventices. Plusieurs actions ont été engagées pour produire des connaissances sur ces deux thématiques, et nous avons étudié deux de ces actions. La première (que nous nommons dans ce chapitre Agri-Bio 1) visait à accompagner un collectif d’agriculteurs - repérés et impliqués dans le projet par leurs conseillers - dans l’évolution de leurs pratiques. Cette action a débuté par l’identification de pratiques innovantes chez ces agriculteurs et leur évaluation par un jeu d’indicateurs ; puis plusieurs techniques inspirées de ces pratiques ont été mises en expérimentation chez certains des agriculteurs du collectif. Des connaissances permettant de gérer durablement l’azote et les adventices en agriculture biologique ont été capitalisées et mises en circulation à destination d’agriculteurs et conseillers de la région, sous forme de supports écrits. Une autre action que nous avons étudiée (que nous nommons Agri-Bio 2) a émergé au cours du projet, dès lors que l’association d’espèces avec protéagineux a été collectivement identifiée comme un concept technique intéressant pour gérer simultanément les adventices et l’azote en AB. Cette technique était déjà conseillée aux agriculteurs dans les Hauts-de-France, mais sans que les modalités d’adaptation de l’association à la diversité des parcelles et des exploitations soient bien connues. Sachant que quelques

³⁴ Phénomène par lequel une culture ‘se couche au sol’ avant d’avoir pu être récoltée (souvent à cause d’intempéries, d’une trop grande abondance d’azote dans le sol...).

agriculteurs pratiquaient déjà l'association d'espèces en région, les porteurs du cas ont cherché à repérer, caractériser puis analyser ce qu'ils faisaient. Nous avons étudié un support écrit (fiches techniques) mis en circulation à partir de ce qui a été appris au cours de cette étude.

Le cas du « **réseau Berry** », porté par des ingénieurs de Terres Inovia (Institut technique français des oléo-protéagineux), a vu le jour en 2005, sous l'impulsion d'agriculteurs locaux, qui souhaitaient faire évoluer leurs pratiques de conduite du colza (rendement plafonnant, difficulté croissante à gérer les adventices et ravageurs). A partir d'un diagnostic initial de leurs pratiques (caractérisation, suivis au champ, analyses systémiques), les porteurs du cas et les agriculteurs ont fait émerger différentes pistes pour guider la conception pas-à-pas de systèmes techniques innovants. Le réseau existe encore aujourd'hui, et c'est au travers de visites de ferme, d'échanges individuels et en collectifs que les porteurs de cas accompagnent l'évolution des pratiques de ces agriculteurs (test au champ, suivi, évaluation, diagnostics, pronostics...). Les ressources produites par ce processus, et mises en circulation pour d'autres agriculteurs, émergent des apprentissages que les porteurs de cas ont réalisés au cours de cet accompagnement. Parmi ces ressources, nous avons étudié le guide colza associé avec légumineuses gélives, valorisant des connaissances acquises dans le réseau Berry.

Le cas « **Auto'N** » (2015 à 2019) est un projet qui a vu le jour suite à la réalisation d'un diagnostic régional, dans la région Grand Est, à la suite duquel des partenaires locaux ont décidé de travailler la thématique de la gestion de l'azote minéral en Terres de Craie. Dans ces conditions pédologiques particulières (sols calcaires caractérisés par une faible minéralisation, sols blancs se réchauffant lentement au printemps,...), les agriculteurs utilisent des quantités importantes d'azote minéral, particulièrement polluantes et coûteuses, malgré un panel d'options techniques connues pour réduire l'usage de l'azote minéral en grande culture. C'est après avoir repéré des agriculteurs motivés pour s'engager dans l'évolution de leurs pratiques – vers l'autonomie en azote minéral – que les porteurs de cas les ont accompagnés dans le changement, et pour que leurs expériences servent d'enseignements pour d'autres agriculteurs. De ce projet, dont la fin est programmée en 2020, ont déjà été mises en circulation quelques ressources ; nous avons étudié un support écrit.

Le cas « **Innov'Action** » a été initié en 2008 au sein du réseau des Chambres d'Agriculture (CA), et perdure depuis. Cette action, qui vise à enrichir les services d'accompagnement à l'innovation proposés par les CA, a vu le jour en Bretagne, et s'est progressivement étendue à l'ensemble des régions françaises. Elle est aujourd'hui coordonnée au niveau national. Nous avons particulièrement étudié les formes que prend cette action dans les régions Bourgogne-Franche-Comté et Bretagne. Cette action repose sur l'objectif de mettre en partage, au travers de portes ouvertes à la ferme et de témoignages écrits, des expériences innovantes d'agriculteurs, émergeant au sein des régions concernées. « *Ce partage d'expérience (...) dans Innov'Action, c'est la force de l'expérience d'un pair qui parle à un autre pair* »

(entretien 04/07/2017). Le repérage des pratiques innovantes est réalisé par les conseillers locaux³⁵, en cohérence avec les enjeux et attentes régionales, en fonction de leur propre perception de ce qui peut être considéré comme innovant dans la région. Nous avons assisté à des portes ouvertes et avons étudié des témoignages écrits diffusés par cette initiative.

Le cas « **Osae** » a été initié en 2010 par le bureau d'études Solagro. L'ambition de ce programme est, au travers d'une plateforme internet et de visites de fermes, de mettre en partage les expériences d'agriculteurs ayant fait évoluer leurs pratiques vers l'agroécologie. Les porteurs du programme, appuyés par un comité scientifique et technique, ont collectivement défini des 'principes génériques' pour qualifier ce qu'est l'agroécologie, et ainsi guider le repérage de pratiques d'agriculteurs inscrits dans cette dynamique. Les témoignages (vidéo et écrits) sont issus d'entretiens réalisés avec les agriculteurs retenus, et sont réitérés chaque année pour suivre l'évolution de leurs pratiques et valoriser, au travers de témoignages écrits, leurs nouvelles explorations. Des vidéos de la pratique en action sont aussi réalisées, en complément de chaque témoignage d'agriculteurs. Nous avons étudié ces deux types de prescriptions (témoignages et vidéos de pratiques en action).

La création du réseau des « **Agri'Novateurs** » a été impulsée en 2005 par un agent de la chambre d'Agriculture du Finistère, chargé de contribuer au déploiement de l'agroécologie dans ce département. La création de ce réseau répondait au triple objectif : (i) de mettre en partage des expériences d'agriculteurs aux pratiques hors-norme et méconnues relatives à l'agroécologie, (ii) d'offrir un espace d'échange entre ces agriculteurs et (iii) de constituer un vivier de questions de recherche à explorer. Les agriculteurs impliqués ont en commun leur intérêt pour l'évolution des pratiques agricoles vers l'agroécologie. Le réseau est ouvert à de nouveaux participants, qui peuvent d'eux-mêmes se signaler, ou être repérés et impliqués par des conseillers locaux ou des agriculteurs impliqués. La vie du réseau s'organise autour de visites de fermes, de plusieurs rencontres annuelles au cours desquelles sont discutées les pratiques des participants, et de l'organisation de réunions collectives ('forums') visant à mettre en partage avec d'autres agriculteurs les pratiques innovantes. Chaque année, est publié un recueil de témoignages d'agriculteurs (avec leurs contacts), mis à jour chaque année au fil de l'évolution des pratiques des agriculteurs concernés. Nous avons étudié ce recueil.

Le cas « **Atelier Paysan** » est une société coopérative d'intérêt collectif (SCIC) qui affiche le projet collectif de repérer et mettre en commun des connaissances et savoir-faire autour du matériel agricole auto-construit, pour une agriculture biologique et paysanne. Une de leurs actions consiste à repérer, caractériser et mettre en partage des connaissances sur des outils qui ont été conçus et utilisés par des agriculteurs. Ces connaissances sont mises en commun au travers de témoignages écrits et de vidéos de 'l'outil en action' sur un forum sur lequel il est possible de réagir, et les contacts de chaque agriculteur

³⁵ Pour les conseillers, Innov'Action constitue une opportunité de systématiser une activité de repérage de pratiques innovantes qu'ils faisaient déjà pour eux-mêmes, sans la formaliser ni la mutualiser.

sont disponibles en complément. Parmi les contenus générés, nous avons ici étudié les témoignages et les vidéos.

Le cas « **Vitinnobio** » (2013-2017) est porté par l'Institut technique de la Vigne et du Vin (IFV) et a impliqué différents partenaires au sein d'un projet CASDAR (Chambres d'Agricultures, INRA, ITAB...). Ce projet a émergé d'un double constat : (i) il existe de nombreuses situations de production différentes en viticulture biologique (terrains pentus, vignes étroites, contexte de production...), et le conseil technique est mal adapté à cette diversité ; (ii) peu de travaux de R&D portent sur la viticulture biologique. Pour explorer ce que pourrait être la viticulture biologique, encore méconnue, et 'donner des idées' aux viticulteurs souhaitant s'engager dans l'AB, le projet avait pour objectif de repérer, analyser et mettre en partage des pratiques innovantes d'agriculteurs en viticulture biologique dans trois terroirs : Bourgogne, Provence et Bordelais. Le repérage des pratiques innovantes a été réalisé par les conseillers partenaires du projet, et en lien avec des thématiques d'intérêt identifiées collectivement. Ce projet a abouti à la mise en circulation de fiches témoignages, que nous avons étudiées.

4. Résultats

Nous présentons les résultats de ce chapitre autour des différents processus qui structurent les relations entre étude de pratiques innovantes et conception.

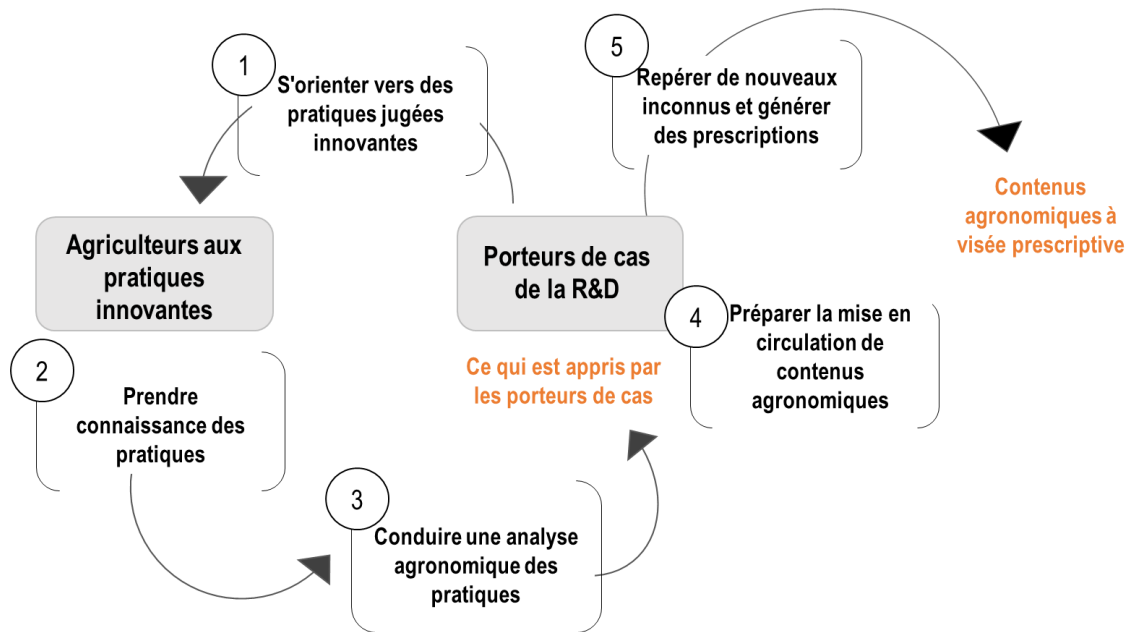


Figure 8. Catégorisation de processus reliant étude de pratiques innovantes et conception (numérotation de 1 à 5), communs aux différents cas d'étude. En orange sont indiqués ce qui est appris, généré voir mis en circulation par les porteurs de cas en relation avec l'étude de pratiques innovantes.

La Figure 8 est un résultat de ce travail, elle présente un cadre qui émerge de l'analyse et nous a permis d'organiser les proximités et les différences entre cas d'étude concernant la manière dont ils articulent étude de pratiques innovantes et conception. Ce cadre rend compte d'un enchaînement de processus clés, numérotés de 1 à 5, au cours desquels les porteurs de cas gèrent (seuls ou en collectifs) leurs explorations dans l'inconnu. Autrement dit, chacun de ces processus se rapporte à des moments clés au cours desquels les porteurs de cas ont réalisés des choix méthodologiques et organisationnels qui ont influencé leurs rapports aux agriculteurs, ce qu'ils ont appris et les contenus agronomiques qu'ils ont générés. Chacun de ces processus constitue un espace dans lequel peuvent être inventées de nouvelles manières de conduire des morceaux d'une étude de pratiques innovantes (ex. différentes manières d'analyser les pratiques innovantes, différents contenus prescriptifs à mettre en circulation). Notons que, par construction, ce cadre distingue chacun de ces processus (comme sur la figure), mais leur réalisation est souvent imbriquée, et s'opère au travers de boucles itératives (ex. la réalisation de l'analyse agronomique (n°3) peut conduire à préciser ou revisiter ce qu'on juge être une 'pratique innovante' (n°1)). Nous reviendrons sur ces boucles dans les résultats.

Les résultats s'organisent en quatre temps. Après avoir présenté les principaux moteurs à l'engagement dans des pratiques innovantes d'agriculteurs (§4.1.), nous présenterons, un à un, chaque processus (n°1 à 5 –Figure 8) et les différentes modalités de leur réalisation au sein des cas (§4.2) : comment les porteurs de cas s'orientent vers des pratiques qu'ils jugent innovantes ; les façons dont ils prennent connaissance des pratiques innovantes des agriculteurs et les analysent ; les façons dont ils préparent la mise en circulation de contenus agronomiques et, enfin, les façons dont ils repèrent de nouveaux inconnus désirables. Nous présenterons ensuite (§4.3) la nature des contenus agronomiques que les porteurs de cas décident de mettre en circulation à partir de ce qu'ils ont appris. Dans un dernier temps (§4.4.), nous présenterons des relations ayant émergées, lors de l'analyse des cas, entre les différents processus (n°1 à 5 - Figure 8) et avec ce qui est appris et généré par les porteurs de cas (ce qui est indiqué en orange dans la Figure 8).

n°	Processus	n°	Différentes modalités du processus discriminant les cas	Cas
1	S'orienter vers des pratiques jugées innovantes	1.1.	Cadrage et pilotage par les porteurs de cas de l'exploration autour d'un concept précis	4sysleg, Legitimes, Ecophyto, Agri-Bio 2, Atelier Paysan
		1.2.	Exploration ouverte à différentes contributions	Agri'novateurs, Osae, Vitinnobio, Innov'Action
		1.3.	Cadrage de l'exploration avec des agriculteurs engagés dans le changement	Agri-Bio 1, Réseau Berry, Auto'N
2	Prendre connaissance des pratiques innovantes	2.1	Prise de connaissance en aval de la réalisation des pratiques au travers d'entretiens ou d'échanges en collectifs : ce qui a été fait, dans quelles conditions, dans quel but et l'interprétation, le jugement que porte l'agriculteur sur ce qu'il a fait...	4sysleg, Legitimes, Agri-Bio 2, Atelier Paysan, Osae, Agri'novateurs, Vitinnobio, Innov'Action
		2.2	Echanges au cours de la mise en œuvre des pratiques : les actions que les agriculteurs envisagent de mettre en œuvre, ce qu'ils font, comment et ce qu'ils interprètent et évaluent de ce qu'ils obtiennent...	Agri-Bio 1, Réseau Berry, Auto'N
		2.3	Enquêtes fermées, pour saisir dans une base de données des variables identifiées a priori par les porteurs de cas	Ecophyto
3	Conduire une analyse agronomique des pratiques	3.1	Analyse qualitative, sur les pratiques d'un agriculteur à partir de son récit en aval de son action (ce qu'il a fait, ses interprétations, jugements...)	4sysleg, Legitimes, Agri-Bio 2, Atelier Paysan, Agri'novateurs, Innov'Action, Osae, Vitinnobio
		3.2	Analyse qualitative croisée des logiques d'action de plusieurs agriculteurs, en aval de leurs actions, pour faire émerger des logiques d'action génériques	4sysleg, Legitimes
		3.3	Analyse avec l'agriculteur de sa logique d'action et de ses effets au cours de sa réalisation	Agri-Bio 1, Réseau Berry, Auto'N
		3.4	Analyse à l'aide de tests statistiques, visant à identifier des corrélations entre des techniques, des variables de la situation agronomique et des niveaux de performance	Ecophyto
4	Préparer la mise en circulation de contenus agronomiques	4.1.	Produire des connaissances pour enrichir ce qu'on a appris sur les pratiques, pour mettre des contenus agronomiques en circulation	Tous les cas
		4.2.	Elaborer des preuves sur les connaissances produites	Tous les cas
5	Repérer de nouveaux inconnus et générer des prescriptions	5.1.	Repérer des questions de recherche et des concepts à explorer	4sysleg, Legitimes, Agri-Bio 2, Atelier Paysan, Agri'novateurs, Vitinnobio, Innov'Action, Réseau Berry, Auto'N, Ecophyto
		5.2.	Choisir des contenus agronomiques à mettre en circulation	Tous les cas

Tableau 11. Processus clés engagés dans la gestion de l'inconnu au cours de l'étude de pratiques innovantes, et des modalités de leur réalisation discriminant les cas.

4.1. Moteurs à l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs

Les moteurs qui stimulent l'engagement des porteurs de cas dans l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs sont relativement divers. Nous présentons ici successivement ces différents moteurs, bien que souvent plusieurs soient évoqués par un même porteur de cas. D'abord, tous s'engagent dans ces démarches car ils considèrent qu'ils ont des choses à apprendre de pratiques d'agriculteurs qu'ils jugent innovantes. Dans plusieurs cas, c'est en relation avec une injonction politique, dans les institutions dans lesquelles ils se trouvent, que les porteurs de cas engagent l'initiative que nous avons étudiée. Par exemple, on peut citer l'enjeu de développer l'agroécologie en Bretagne (Agri'novateurs), l'enjeu de déployer un nouveau 'service' rendu par les Chambres d'Agricultures (CA) et une opportunité de mener une action impliquant l'ensemble des acteurs des CA (Innov'Action). Dans d'autres cas, les porteurs identifient l'enjeu d'explorer un champ d'innovation qui n'avait jusque-là pas ou peu fait l'objet de travaux de R&D : parfois l'étude de pratiques innovantes vise à défricher ce champ, donc à aider les porteurs de cas à s'orienter dans un espace jusqu'alors peu exploré (ex. Vitinnobio), parfois aussi c'est pour prendre connaissance de manières de faire qui viendraient renouveler ce qui est généralement prescrit par la R&D (ex. Agri-Bio 2) ou bien pour s'écarter d'un champ de recherche dominant (Légitimes et les associations d'espèces pois-blé). Dans certains cas, l'étude de pratiques innovantes est avant tout engagée dans une optique de développement agricole, où les porteurs de cas souhaitent avant tout stimuler la mise en circulation d'expériences entre agriculteurs (ex. Osaë, Vitinnobio). Dans les cas Agri'novateurs et Atelier Paysan, les porteurs mobilisent des agriculteurs dispersés dans les territoires pour qu'ils prennent part à de nouveaux espaces d'échange, autour d'un champ d'innovation (ex. le machinisme pour une agriculture biologique et paysanne). Pour ces porteurs de cas l'étude de pratiques innovantes constitue aussi une façon de rendre visibles et de légitimer des innovations émergent de processus en ferme. Enfin, on trouve aussi des initiatives où l'enjeu est simultanément d'accompagner des agriculteurs dans l'évolution de leurs pratiques, tout en produisant des connaissances sur ces pratiques innovantes en cours d'émergence (ex. Auto'N, Réseau Berry).

4.2. Processus clés structurant l'étude de pratiques innovantes dans des projets de conception

☀ S'orienter vers des pratiques jugées innovantes

Dans toutes les initiatives que nous avons étudiées, définir ce qui pourrait apparaître 'innovant' permet aux porteurs de cas (et aux collectifs qu'ils engagent) de s'orienter dans l'inconnu : ils précisent des 'concepts' de pratiques, inconnus et porteurs, pour eux, de valeurs d'avenir pour l'agriculture, en d'autres termes, des « inconnus désirables ». Notons que dans tous les cas, ces concepts s'affinent, se transforment au fil de la découverte des pratiques d'agriculteurs. On détaillera ici comment est formulé l'inconnu désirable, et qui est impliqué dans sa définition et dans le repérage des agriculteurs :

Cadrage du champ exploré autour d'un concept défini par les porteurs de cas (modalité 1.1 du tableau 11). Dans plusieurs situations (4sysleg, Legitimes, Ecophyto, Agri-Bio 2, Atelier Paysan), ce sont les porteurs de cas qui ont formulé un concept précis³⁶, sur lequel ils disposent de peu de connaissances et qu'ils souhaitent voir se développer en pratique. Ce concept leur permet de cadrer le champ d'exploration des pratiques qu'ils vont rechercher et choisir d'étudier : on cherche donc des agriculteurs qui ont déjà mis en pratique le concept formulé par les porteurs de cas (dans une région ou plusieurs régions, 4sysleg, Légitimes ; ou au niveau national, Atelier Paysan, Ecophyto). Ces concepts se rapportent à : des moyens d'action innovants (ex. des outils pour une agriculture biologique et paysanne, Atelier Paysan ; réduire les pesticides sans réduire la marge économique, Ecophyto) ou à une technique innovante (ex. l'association d'espèces avec légumineuses à graines, Légitimes). C'est sur ce concept que se grefferont les apprentissages qu'ils réalisent au travers de l'étude de pratiques. Le repérage des agriculteurs est également centralisé, et géré par les porteurs de cas. Il s'opère au travers de réseaux d'acteurs de la recherche et du développement agricole, susceptibles de connaître ce que font des agriculteurs : dans trois cas, c'est de proche en proche, en contactant des acteurs locaux que les porteurs de cas repèrent ces agriculteurs ; leur nombre est alors assez réduit (de 15 à 20). Dans le cas Ecophyto, le repérage s'appuie sur un réseau national de fermes existant, dans lesquels les agriculteurs sont engagés dans la réduction des pesticides, c'est alors l'ensemble des pratiques des agriculteurs de ce réseau qui sont étudiées (1000 systèmes de culture différents).

Champ d'exploration ouvert aux contributions de différents acteurs (Modalité 1.2 du tableau 11). Dans plusieurs situations (Innov'Action, Agri'novateurs, Vitinnobio, Osae), le repérage et le choix des pratiques est décentralisé et réalisé par différents acteurs : ce sont en particulier des agriculteurs (Agri'novateurs) ou des conseillers agricoles qui identifient et choisissent des pratiques qu'ils jugent pertinentes de mettre en commun dans une dynamique collective. Les concepts qui guident ce repérage ne sont pas, dans les 4 cas, aussi ciblés que précédemment (sur une technique ou un moyen). Par exemple, ces concepts se rapportent à : l'agroécologie dans le Finistère (Agri'novateurs), la viticulture biologique (Vitinnobio). Dans le réseau des Agri'novateurs, par exemple, chaque agriculteur prend la parole, au cours de réunions collectives, pour rendre compte de pratiques qu'il a mises en œuvre et juge intéressantes de mettre en partage. Dans Innov'Action, les conseillers dans une région sont invités à repérer des pratiques qu'ils jugent innovantes, et d'intérêt pour d'autres agriculteurs de la région. Dans le cas de Vitinnobio, ce sont des conseillers dans trois régions différentes qui repèrent des pratiques qui, selon eux, mériteraient de faire l'objet d'études dans le cadre du projet. Dans les cas où le repérage est réalisé par des acteurs de la R&D, les collectifs engagés définissent collectivement des critères ou

³⁶ On pourrait nuancer cela dans le cas de l'Atelier Paysan, où c'est au travers d'échanges au sein de la SCIC que sont définis et discutés ces concepts, mais dans les TRIP (Tournées de Recensements d'Innovations Paysannes) que nous avons étudiés, l'enquêteur s'oriente à partir d'un concept précis.

principes qui permettent d'orienter le repérage (ex. dans Osae, on définit des principes de l'agroécologie - par exemple minimiser l'usage de ressources sensibles, contribuer au système alimentaire local, optimiser et équilibrer des flux de nutriments ; dans Innov'Action on ne repère que des fermes viables au plan économique, des agriculteurs motivés pour expliquer ce qu'ils ont fait à d'autres de vive voix au cours de portes ouvertes). Dans chaque cas, le repérage donne lieu à l'identification de pratiques très contrastées, et leur mise en commun au sein des collectifs suscitent souvent des débats à propos de ce qui fait innovant, pour qui, et ce qui doit être approfondi au travers d'études :

« Avec ce terme innovant, on a eu un problème au départ, on a toujours un problème et je pense qu'on l'aura pas résolu à la fin du projet. Il y a par exemple une méthode de taille qui permet de lutter contre les maladies du bois, qui favoriserait la circulation de la sève dans la plante, c'est la taille Guyot Poussard. C'est un vieux truc, qui est pas beaucoup en place, enfin ça dépend où, mais qui est pas la méthode de taille la plus utilisée par la majorité des viticulteurs, donc est ce que tu te dis que vu que c'est pas mis en place par la majorité des viticulteurs c'est une innovation ? (...) Pour l'instant on l'a gardé, pourquoi on l'a gardé ? C'est que, en Bourgogne et dans le Bordelais, dans les entretiens, cette méthode de taille était souvent mise en avant, comme étant intéressante, mais en Provence, aucun viticulteur rencontré n'utilisait cette méthode de taille. Quand on a mis en commun toutes les pistes qui nous semblaient intéressantes, finalement les conseillers du Bordelais et de la Bourgogne ne trouvaient pas la taille Guyot Poussard, (...) très innovante sauf que les conseillers de Provence ils disaient, non mais nous il n'y a personne qui le fait donc nous on trouve ça génial ! Tu vois, et donc voilà, est ce que c'est une innovation ? » (Extrait entretien – cas Vitinnobio - 30/06/2017).

« Nous l'innovation telle qu'on la vit dans l'Yonne, c'est des pratiques ou des modes d'organisation, déjà on est pas fixé, et ça peut être bien plus large, un schéma de fonctionnement dans un collectif, des assolements en commun, des choses comme ça, (...) qui ne sont pas rependues dans le département. » (Extrait entretien – cas Innov'Action - 30/06/2017).

Cadrage de l'exploration avec l'agriculteur dans sa situation (Modalité 1.3 du tableau 11). Dans trois initiatives (Agri-Bio1, Auto'N, Réseau Berry), c'est la rencontre autour du souhait d'explorer un 'inconnu désirable' qu'ils partagent (ex. des manières de produire sans azote de synthèse) qui cristallise un partenariat entre un groupe d'agriculteurs et des acteurs de la R&D, et qui offre à ces derniers l'opportunité d'étudier des pratiques innovantes d'agriculteurs que les agriculteurs sont en train d'inventer et d'implémenter. Dans les trois cas, les initiatives visent l'exploration de concepts se rapportant à de nouvelles modalités de gestion d'une entité naturelle (l'azote en terre de craie, le colza, les adventices et l'azote en AB). Les agriculteurs collaborent sur le moyen-long terme avec les porteurs de cas, car ils sont motivés pour s'engager dans une dynamique d'évolution de leurs pratiques, et c'est ensemble qu'ils cadrent et explorent un concept innovant (ex. dans le projet Auto'N, un agriculteur décide d'explorer dans sa situation ce que serait *'un système technique avec aucune perte économique*

due aux carences d'azote avec zéro apport d'azote de synthèse'). Dans ces situations, les pratiques innovantes qui sont étudiées sont très variées, et elles s'enrichissent au cours du temps.

☀ **Prendre connaissance des pratiques des agriculteurs**

Sur l'ensemble des 12 cas, nous avons distingué trois voies empruntées pour **prendre connaissance des pratiques des agriculteurs** (Tableau 11). C'est au cours de ce processus que l'enquêteur non seulement découvre les pratiques des agriculteurs, mais également qu'il identifie de premiers inconnus (ex. il n'est pas en mesure d'interpréter ce qu'explique l'agriculteur) et oriente l'échange et/ou ses observations pour gagner en intelligibilité sur des pratiques qui le surprennent (**Encadré 7**).

Dans la majorité des cas (modalité 2.1 du Tableau 11), les porteurs des initiatives prennent connaissance de pratiques actuelles et du passé récent : autrement dit, ils demandent aux agriculteurs de rendre compte des pratiques qu'ils ont déjà mises en œuvre et jugées. L'explicitation s'opère au travers d'entretiens ouverts ou semi-directifs, ou d'échanges collectifs (ex. tours de table, portes ouvertes à la ferme). Dans plusieurs cas, l'échange est ciblé autour du concept d'intérêt pour les enquêteurs (l'association d'espèces, l'outillage) et il s'appuie sur un guide d'entretien, qui aide l'enquêteur à structurer l'échange. Dans d'autres situations, l'échange est ouvert à ce que souhaite mettre en partage l'agriculteur (en tête à tête avec l'enquêteur ou au sein d'un collectif – ex. Agri'novateurs) et l'enquêteur intervient (parfois en complément des échanges dans le groupe) pour orienter les échanges en vue de gagner en intelligibilité sur la pratique et/ou aider le collectif à porter un jugement sur ce qui a été fait. « *J'adapte vachement d'une exploitation à l'autre, c'est aussi en fonction quand même de ce sur quoi veut communiquer l'agriculteur* » (OSAE). Dans tous les cas, les enquêteurs souhaitent comprendre ce que l'agriculteur a fait, dans quelles conditions (avec des détails plus ou moins précis), dans quel but. Ils interrogent l'agriculteur sur l'interprétation et le jugement qu'il porte sur ce qu'il a fait (sur une ou plusieurs techniques en interaction). Dans certains cas, les enquêteurs font renseigner aux agriculteurs l'historique de leurs pratiques, pour mieux comprendre la construction de leur expérience, et éclairer des raisons des pratiques qu'ils mettent en œuvre aujourd'hui. Parfois, les échanges (entretiens, OSAE ; échanges en collectif, Agri'novateurs, Innov'Action) sont réitérés avec les mêmes agriculteurs sur plusieurs années, pour prendre en compte la part d'inconnu inhérente à l'évolution de leurs pratiques et rendre compte de leurs apprentissages.

Dans trois cas (modalité 1.2., Tableau 11), c'est 'au cours de l'action', en situation et sur plusieurs mois/années, que les porteurs de cas prennent connaissance des pratiques des agriculteurs : à la fois les actions qu'ils envisagent mettre en œuvre, ce qu'ils font, comment et ce qu'ils interprètent et évaluent ce qui résulte de ce qu'ils ont fait. Parfois ces échanges sont individuels, parfois ils s'opèrent en collectif, avec d'autres agriculteurs impliqués dans l'initiative. Dans ces cas, les porteurs connaissent très bien les agriculteurs et leur situation d'action, qu'ils ont souvent l'occasion d'observer (ce qui constitue une autre source d'information sur les pratiques).

Enfin, dans le cas Ecophyto, on recense ce qu'ont fait des agriculteurs au travers de questionnaires fermés, en vue de remplir une base de données dont les variables sont prédéfinies en amont de l'échange. A la différence des cas précédents, les porteurs de cas ne cherchent pas à faire expliciter aux agriculteurs les raisons qui guident leurs choix : ils leur font expliciter un à un les choix techniques qu'ils ont mis en œuvre (les successions de culture, les techniques et options techniques mises en œuvre sur plusieurs années) et des variables descriptives de leur situation d'action (ex. présence d'un atelier d'élevage, accès à des marchés locaux, distance moyenne des champs du siège de l'exploitation). Chaque variable à renseigner a été choisie par les porteurs de cas, sur la base de la littérature scientifique, à partir d'hypothèses concernant les liens qu'il pourrait y avoir entre ces variables pour expliquer des niveaux de performance contrastés.

Encadré 7. Exemple de pratiques innovantes découvertes

« Il a pris cette exploitation, il s'est installé et il a dit ok 80 vaches moi ça me va bien mais la dessus je vais faire du vêlage groupé, et je vais profiter au maximum du pâturage, c'est-à-dire qu'il a regroupé tous ses vêlages sur le mois de mars, 80 vêlages au mois de mars ! Du mois de mars jusqu'au mois de juin, les vaches sont traites 2 fois/jour. Au mois de juin il les insémine tout seul pendant 3 semaines il fait quasiment que ça, inséminateur et après qu'elles soient pleines, c'est-à-dire confirmées 1 mois après, il arrête, il passe en mono-traité donc ça jusqu'au mois de décembre. Fin décembre, fermeture de la salle de traite, janvier, février, il y a pas de salle de traite, vous voyez ça dans le Finistère ça décoiffe... » (Entretien Agri'novateurs, 05/07/2017).

« La diversité des objectifs et le contraste avec ce qu'il y avait dans la littérature scientifique c'est un truc qui m'a surpris et que je trouvais intéressant par rapport aux questions qu'on se posait. Le deuxième résultat important, c'est aussi une diversité de pratiques, de choix d'espèces (...). Dans ce premier groupe, ils ne voulaient faire aucune intervention entre le semis et la récolte, donc pas de désherbage mécanique, pas de fertilisation, rien, ils sèment, ils récoltent et rien d'autre et pourtant ils ont des associations à forte valeur ajoutée, destinées à la vente et ils en attendent des sous. » (Entretien Legitimes, 09/03/2017)

« La gestion du chardon par la culture de la chicorée, parce qu'en fait la chicorée est une culture implantée assez tardivement et qui est sarclée, resarclée, resarclée... On s'en était rendu compte une année où une parcelle avait été coupée en deux, c'est quelque chose que les agriculteurs bio font souvent, ils coupent une parcelle en deux pour mettre des légumes, c'est une petite surface : sur un côté c'est de la chicorée et un côté il y a de l'oignon. Sur la partie chicorée, c'est là la première année où il y avait le plus de chardons et l'année suivante il n'y en avait plus du tout. » (Entretien Agri-Bio, 30/01/2017)

☀ **Analyser, sur le plan agronomique, des pratiques innovantes d'agriculteurs**

L'analyse agronomique vise à produire une intelligibilité et un jugement sur les pratiques que rencontrent les porteurs de cas, notamment au travers de la construction de liens de causalité et d'efficacité (**Encadré 8**). Et, dans différentes situations, c'est au cours de ce travail que les porteurs de cas identifient des espaces inconnus à explorer (des lacunes de connaissances, des concepts de techniques sur lesquels ils ne disposent pas de connaissances agronomiques issues de la R&D...). Nous avons distingué ce processus du précédent car il implique un outillage particulier (la mobilisation d'approches systémiques, le recours à des connaissances en agronomie et disciplines connexes, des outils statistiques...), mais aussi parce que, dans plusieurs cas, c'est en aval de la prise de connaissance sur les pratiques que ce travail est réalisé. Dans certains cas, toutes les pratiques rencontrées font l'objet d'une analyse; dans d'autres, les porteurs de cas décident (seuls ou avec leurs partenaires) de choisir des pratiques qu'ils vont étudier plus en profondeur. On peut distinguer quatre voies empruntées par les porteurs de cas pour réaliser ces analyses.

Dans la majorité des cas (modalité 3.1. – Tableau 11), les porteurs des initiatives réalisent une analyse qualitative des pratiques d'un agriculteur, en aval de leur mise en œuvre, à partir du récit et des interprétations qu'il a formulés. L'objectif des porteurs de cas est d'abord de produire une intelligibilité sur la logique d'action d'un agriculteur dans sa situation, à partir de ce qu'il a explicité (i.e. une logique contextualisée). Pour ce faire, les porteurs de cas repartent de ce que leur a dit l'agriculteur, et, ils organisent, hiérarchisent et tissent des liens entre ce qu'a dit faire l'agriculteur (ses actions), les éléments de sa situation qui l'ont conduit et lui ont permis d'agir ainsi, les processus agronomiques qu'il dit chercher à stimuler et les états du milieu et performances souhaitées et obtenues. Dans la majorité des cas, lorsqu'ils ne parviennent pas à comprendre les liens de causalité faits par l'agriculteur avec leur seule expertise (notamment sur les effets de pratiques), les enquêteurs vont chercher des connaissances en agronomie (en mobilisant l'expertise de collègues, en explorant la littérature sur le sujet), qu'ils confrontent aux dires des agriculteurs. Ce recours aux connaissances agronomiques leur permet de gagner en intelligibilité sur les pratiques et aboutit parfois à l'identification de lacunes de connaissances.

Dans deux cas (modalité 3.2. – Tableau 11), les porteurs des initiatives mènent des analyses qualitatives croisées de plusieurs pratiques d'agriculteurs, autrement-dit ils analysent de manière transversale des pratiques qu'ils ont découvertes en vue de les comparer, de repérer des proximités et des différences. Ce processus est toujours précédé (ou conduit en parallèle) du processus 3.1. : en amont ou au cours de l'analyse croisée, les porteurs de cas conduisent une analyse de ce qu'a explicité chaque agriculteur sur ses pratiques. Parfois, l'analyse croisée vise à organiser la diversité des pratiques, par exemple, en rendant compte de la diversité des actes techniques qui ont été mis en œuvre par différents agriculteurs pour atteindre un même objectif (ex. pour obtenir une récolte propre, facile et minimiser les brisures, des agriculteurs réalisent des mesures préventives, choisissent un matériel technique adapté, adaptent la

hauteur de coupe à la récolte... Legitimes) ; ou encore, pour organiser les différentes modalités de mise en œuvre d'un même acte technique (ex. différentes modalités d'agencement des espèces en association de culture – 4sysleg). Parfois, l'analyse croisée vise la construction de typologies, qui permettent d'organiser la diversité des pratiques à partir de variables « *les plus discriminantes des pratiques étudiées* » (ex. Legitimes). D'autres fois, encore, l'analyse croisée vise à gagner en généralité sur les logiques d'action de plusieurs agriculteurs qui visent à atteindre les mêmes états du milieu. En croisant ce qu'ont fait plusieurs agriculteurs, les porteurs cherchent à identifier des interactions génériques (i.e. décontextualisés) entre des actions, des états du milieu et des processus agronomiques et qui pourraient se retrouver / être stimulées dans d'autres situations que celles des agriculteurs enquêtés. Et, pour interpréter et formaliser ces interactions les porteurs de cas mobilisent (et parfois discuter les limites) des concepts théoriques (ex. l'effet dilution, effet tuteur, effet barrière physique, effet push-pull – 4sysleg) et des connaissances agronomiques (ou issues de disciplines connexes en chimie, biologie, entomologie, climatologie, etc.).

Dans trois cas (modalité 3.3. – Tableau 11), une analyse est menée conjointement par l'agriculteur et le porteur de cas au fil de l'action et en situation³⁷ dans l'optique de comprendre les relations entre ce que l'agriculteur fait et les états du milieu obtenus. Une différence avec l'analyse (3.1.) est que le porteur de cas est en mesure d'observer l'évolution des états du milieu, et il échange avec l'agriculteur sur des actions envisageables, et ils interprètent ensemble ce qu'ils observent et les résultats obtenus. Le porteur de cas alterne entre des phases d'interaction avec l'agriculteur sur ce qu'il est en train de faire, de planifier ou d'interpréter, et des phases au cours desquels il produit une analyse plus distanciée sur ces pratiques (il mobilise alors l'expertise de collègues, explore la littérature...). Il soumet souvent à l'agriculteur le résultat de ses analyses distanciées, notamment dans l'optique de contribuer à identifier de nouvelles voies d'action. Souvent, pour mesurer ou évaluer les effets et performances des pratiques, les porteurs de cas mettent à l'épreuve des instruments de production de connaissance, et sont parfois obligés d'en inventer de nouveaux (ex. les indicateurs de développement du pivot de colza en phase d'implantation, Réseau Berry). L'objectif pour ces porteurs de cas est de produire avec l'agriculteur simultanément : (i) des pratiques innovantes adaptées à sa situation ; (ii) une intelligibilité et des jugements sur ces pratiques ; et (iii) des connaissances favorisant cette intelligibilité et ces jugements.

Enfin, dans le cas Ecophyto (modalité 3.4. – Tableau 11), l'objectif est d'expliquer des variabilités dans des niveaux de performances obtenus à l'aide d'outils statistiques, et de rendre compte de combinaisons de techniques performantes. A partir des données homogènes recueillies sur les pratiques (concernant des variables définies à partir de la littérature scientifique), l'analyse repose sur des tests statistiques

³⁷ Notons qu'ici on dissocie la prise de connaissances et l'analyse alors que ces deux processus s'opèrent souvent au même moment, au cours d'échanges en situation.

permettant d'identifier des corrélations entre des actions élémentaires des agriculteurs, des variables des situations d'action et des niveaux de performances obtenus.

Ces quatre types d'analyses rendent compte de différentes manières d'explorer des pratiques innovantes. Notons que dans les trois premiers types, ce sont les explicitations des agriculteurs qui guident les porteurs de cas vers ce qu'ils vont analyser alors que dans le quatrième type, cette exploration est cadrée a priori par la définition d'un modèle bâti sur la littérature scientifique. Ainsi, la nature des 'systèmes' qui sont explorés et les conditions de leurs émergences sont différentes. Dans les trois premiers types, les porteurs ont recours à des analyses systémiques, souvent qualitatives, qui s'alimentent de l'exploration des connaissances agronomiques faite par l'enquêteur. Dans le quatrième type, en revanche, ce sont sur des analyses statistiques que repose l'établissement de liens de causalité et d'efficacité. Notons par ailleurs que dans les trois premiers types, les modalités d'analyse des pratiques ont été imaginées et adaptées par les porteurs de cas au fil de la découverte de nouvelles pratiques : la démarche de systématisation des analyses ne se retrouve que dans les cas où l'étude de pratiques a été réalisée plusieurs fois (souvent dans des dispositifs pérennes). Mais malgré l'émergence de règles dans l'analyse (ex. règle de toujours confronter les dires d'agriculteurs aux connaissances agronomiques produites par la R&D, d'établir une évaluation qualitative avec l'agriculteur... Vitinnobio), les porteurs doivent toujours s'adapter aux pratiques innovantes qu'ils rencontrent, dont l'analyse remet parfois même en cause les instruments de production de connaissances existants :

« A chaque fois que j'utilise un modèle et qu'il ne me donne pas les même résultats que dans le champs, je me dis que comme un modèle reflète normalement l'état des connaissances scientifiques il y a quelque chose qu'on n'a pas compris. » (Extrait entretien Auto'N, 28/09/2017).

« On travaillait sur ces histoires de moutons [associés à la viticulture] et (...) finalement je me suis rendue compte que les indicateurs qu'on demandait étaient pas adaptés(...) j'avais ce fichier super bien rempli, ou j'avais plein d'infos et finalement j'en faisais rien, (...) c'est le problème de faire des trames génériques qui vont servir pour plusieurs cas, tu essayes de faire une approche globale mais malheureusement c'est pas si adapté que ça. » (Extrait entretien Vitinnobio, 29/06/2017)

Notons aussi qu'au cours de cette analyse, dans plusieurs cas, les porteurs s'appuient sur l'expertise d'autres agriculteurs ou d'autres acteurs de la R&D pour produire une intelligibilité sur les pratiques ou préciser qu'on est bien face à une question de recherche ou à un concept jusqu'alors inexploré par la R&D (**Encadré 8**). Certains porteurs de cas font aussi état des difficultés qu'ils rencontrent lorsque les processus « prise de connaissances sur les pratiques » et « l'analyse » sont réalisés par différents acteurs (ex. Vitinnobio – des conseillers agricoles réalisent le repérage et les entretiens avec les agriculteurs, et ce sont des ingénieurs de l'IFV qui réalisent l'analyse des pratiques).

Encadré 8. Illustration d'analyses agronomiques

« [Analogie pour produire une intelligibilité] *Un agriculteur du réseau Agri-Bio a réalisé des labours sur sol gelé, aucun chiendent n'a réapparu depuis. Le gel a un effet de dessèchement des racines, similaire à celui de la sécheresse.* » (Extrait Favrelière et Ronceux, 2017)

« *Par exemple, des fois [les agriculteurs] vont expliquer : ben oui j'ai augmenté le taux de matière organique dans mes sols du coup ma réserve utile a augmenté. Pour nous, l'idée est de réexpliquer tranquillement quel est le lien entre le taux de matière organique et la réserve utile, des liens de cause à effet (...). Quand je vois pas d'un point de vue agronomique comment ça se passe, je cherche [dans la bibliographie] : ça arrive plein de fois. Par exemple, il va dire qu'il y a une culture qui attire plus un ravageur qu'un autre, des choses comme ça je vais chercher si dans les faits c'est montré.* » (Extrait entretien Osae, 29/06/2017)

"[Concernant la règle : passer à vitesse réduite lors du travail du sol pour limiter la germination des géraniums] Là c'est pareil c'est des choses qui sont revenues parce que petit à petit en observant, il y a des agriculteurs chez qui ça marchait et d'autres ça marchait moins bien. Et on s'est aperçu que ceux chez qui ça marchait moins bien, c'est qu'ils allaient trop vite puis qu'il y avait du flux de terre (...). Finalement même en semis direct, on fait sauter pas mal de terre [au moment du semis] et du coup le géranium il se met quand même à germer. Si tu vas tout doucement, tu travailles vraiment que sur ta ligne de semis sans perturber du tout le sol et quand tu perturbes pas le sol, tu stimules pas les levées d'adventices, donc (...) on a pas fait d'essais sur la vitesse mais c'est plus en voyant tous les agriculteurs et en constatant ce qui s'était passé qu'on a acquis ça et du coup on le valorise dans le guide colza associé." (Extrait entretien Réseau Berry, 21/06/2017)

« *C'est que des fois, en tant qu'agronome, on a des idées préconçues sur le fonctionnement de l'azote dans le sol, du coup il y a des pratiques qui nous semblent aberrantes parce qu'elles correspondent pas à notre schéma de fonctionnement, mais en fait quand on étudie le fonctionnement du système global on se rend compte que cette pratique elle est pas du tout déconnante (...) exemple concret : c'est un agriculteur qui fait des couverts d'interculture avec des légumineuses, lui, il voulait pas mettre de fumier avant de semer ses couverts parce qu'il se disait si je mets du fumier je vais avoir de l'azote en quantité dans mon sol et du coup mes légumineuses elles vont pas fixer l'azote, elles vont servir à rien, or moi je veux cette fonction-là fixation de l'azote par les légumineuses, du coup lui ce qu'il a fait c'est qu'il a apporté du fumier 4 semaines après le semis des légumineuses, sur les couverts déjà en place, et nous en tant qu'agronomes on se dit mais c'est n'importe quoi, il apporte fin septembre, juste avant la période drainage en plus il enfouit pas, ça va volatiliser ... en fait, ça marche très bien, il a aucune perte d'azote pendant l'hiver [des mesures qu'ils ont faites ensemble le montrent], parce qu'il apporte un fumier décomposé, donc qui va libérer facilement mais surtout que ses couverts sont assez bien développés pour pomper tout l'azote libéré par le fumier, et il réussit ses couverts parce que justement il arrive à les semer tôt car il prend pas le temps d'apporter du fumier, et ça fonctionne !* » (Extrait entretien Auto'N, 28/09/2017)

☀ **Préparer la mise en circulation de contenus agronomiques**

Dans tous les cas, à partir de leurs apprentissages issus de l'étude des pratiques d'agriculteurs (issus de la prise de connaissance des pratiques, de l'analyse agronomique), les porteurs de cas décident de générer et mettre en circulation des contenus agronomiques. Dans cette optique, ils produisent des connaissances au-delà de ce qu'ils ont appris et mobilisent des procédés qui leur permettent d'élaborer des preuves.

A partir de ce qu'ils ont appris sur les pratiques innovantes, la majorité des porteurs de cas poursuivent l'exploration, en produisant de nouvelles connaissances, dans l'optique de générer des contenus agronomiques qu'ils jugent pertinent de mettre en circulation pour d'autres agriculteurs que ceux avec lesquels ils ont échangé (modalité 4.1 du tableau 11 ; **Encadré 9**). Nous avons identifié plusieurs voies qu'ils empruntent pour enrichir des contenus agronomiques en vue de leur mise en circulation, notamment par voie écrite. Souvent plusieurs de ces voies sont combinées :

Certains porteurs de cas cherchent des techniques alternatives à celles pratiquées par l'agriculteur enquêté, en vue de proposer, dans les écrits ou au cours d'échanges, d'autres voies d'action permettant d'activer les mêmes processus agronomiques et/ou atteindre les mêmes effets que ceux évoqués par l'agriculteur (ex. Vitinnobio, Legitimes).

Dans plusieurs cas, les porteurs complètent l'évaluation des performances à dire d'agriculteur (processus 1, modalité 3.1) pour accroître la robustesse des résultats et/ou l'enrichir d'autres critères. Selon les cas, les critères de performance considérés sont ceux privilégiés par les agriculteurs (ex. facilité de mise en pratique, contribution à l'emploi, bien être général du vigneron ; Vitinnobio), ou ceux qui sont issus des batteries de critères standard (ex. Indice de Fréquence des Traitements, Ecophyto). L'évaluation peut être conduite de manière qualitative (expertise des porteurs de cas), ou s'appuyer sur des outils informatiques contenant des modélisations et des batteries d'indicateurs standardisés (ex. logiciel Dialecte, OSAE). Lorsqu'ils mobilisent des outils informatiques, les niveaux de performances sont jugés vis-à-vis d'un référentiel ou de comparaisons entre résultats obtenus.

Certains porteurs produisent aussi des connaissances sur les conditions (relatives au matériel, aux états de sol, à la météo, au temps de travail, aux interactions entre techniques...) dans lesquelles les pratiques de l'agriculteur enquêté pourraient être mise en œuvre dans un autre contexte et s'avérer aussi performantes (ex. Agri'novateurs, Réseau Berry).

Notons que dans la majorité des cas, ces procédés de production de connaissances ne sont pas 'réglés', i.e. que les porteurs de cas ne produisent pas les mêmes connaissances sur toutes les pratiques qu'ils ont découvertes. Ils adaptent ces procédés aux pratiques qu'ils découvrent et aux connaissances dont ils disposent ou qu'ils parviennent à produire (ex. en fonction de l'état de la littérature sur le sujet, de leur

expertise et celles de leurs collègues, en fonction de ce qu'ils jugent pertinent de transmettre à d'autres agriculteurs, en fonction du temps qui leur est imparti).

Encadré 9. Illustrations de connaissances produites

"Alter Agri (2009) propose également de semer en croisant les lignes pour que les rangs ne se superposent pas et qu'elles occupent mieux le terrain." (Legitimes, Lamé, 2015)

"Il pourrait être intéressant d'expérimenter une plantation anticipée du haricot, afin de le mettre en place plus précocement, avant les premières apparitions de maladies. Il serait intéressant de tester si une 2ème plantation consécutive de haricot est techniquement faisable (pratiquée en 2015 par l'agriculteur 1), car cela permettrait de maintenir la barrière physique. » (4sysleg, Dupré, 2015)

« [Au-delà des indicateurs mobilisés par l'agriculteur pour décider de désherber, les porteurs de cas précisent que une] « Observation des levées pour déclencher un désherbage mécanique : Présence d'adventices au stade 'fil blanc'. » (Agri-Bio, Ronceux et Favrelière, 2017)

Les porteurs de cas s'appuient aussi sur différents procédés pour établir des preuves sur les connaissances qui ont été produites au cours de l'étude de ces pratiques d'agriculteurs (modalité 4.2. du tableau 11). La manière dont ils choisissent ces procédés révèle ce sur quoi ils jugent important de 'faire preuve', et comment, avant de mettre en circulation des contenus agronomiques. Ils engagent des procédés d'élaboration de la preuve à la fois au cours de la prise de connaissance sur les pratiques et au cours de l'analyse. Nous avons distingué plusieurs procédés qui visent à établir des preuves de causalité et/ou d'efficacité et se rapportant à la fiabilisation des connaissances.

L'établissement de preuve peut s'opérer au travers de démarches compréhensives : certains porteurs de cas considèrent que la réalisation de la pratique en situation, et les interprétations et jugements portés par l'agriculteur sont une première forme de preuve, suffisante pour justifier la mise en circulation de contenus produits. Dans plusieurs cas, les porteurs mettent au point des procédés de triangulation de l'information délivrée par l'agriculteur : (i) en cherchant à répéter le recueil d'une même information pour assurer sa fiabilité (ex. un même sujet est abordé avec l'agriculteur en salle, puis au champ devant les cultures – ex. 4sysleg), (ii) en mesurant ou en observant 'soi-même' l'évolution des états du milieu pour produire son propre jugement (ex. Agri-Bio), (iii) en croisant ses interprétations et jugements avec celles de l'agriculteur (ex. Auto'N). Souvent, la fiabilisation des affirmations de l'agriculteur est obtenue en lui faisant expliciter la façon dont lui-même fait la preuve de ce qu'il interprète et juge (ex. un agriculteur compare la même année des parcelles dans lesquelles il a réalisé des conduites de culture différentes, il compare des observations sur plusieurs années... 4sysleg).

Un autre type d'établissement de la preuve consiste à valoriser les convergences entre pratiques d'agriculteurs : observer que les mêmes pratiques conduisent à des résultats voisins, chez plusieurs agriculteurs, dans des situations contrastées, constitue, pour certains, un moyen d'accroître la fiabilité des connaissances produites (ex. Legitimes, plusieurs agriculteurs associent des espèces compétitives, semées à forte densité, pour créer des peuplements très compétitifs qu'ils n'ont pas besoin de désherber). Le fait de mettre en dialogue les interprétations et jugements de l'agriculteur avec des connaissances agronomiques produites dans un cadre scientifique constitue aussi une source d'établissement de la preuve des connaissances produites. En particulier, on peut citer les cas où on mobilise des concepts théoriques et des modélisations en soutien à l'interprétation (ex. 4sysleg), qui se distingue du cas où on compare les résultats des pratiques de l'agriculteur avec des résultats obtenus dans un contexte expérimental (ex. Agri-Bio2). Dans le cas Ecophyto c'est en s'appuyant sur des outils statistiques permettant d'objectiver la récurrence, sur un grand nombre de parcelles, des relations entre variables que l'administration de la preuve est recherchée ; la cohérence entre les corrélations observées et la bibliographie conforte les conclusions.

Enfin, c'est aussi parfois en mettant en discussion et/ou en faisant relire aux agriculteurs enquêtés le fruit de leurs analyses que les porteurs de cas cherchent à fiabiliser leurs interprétations.

Notons que plusieurs porteurs de cas nous ont fait état de leurs difficultés concernant les types de preuves qu'ils fallait ou non produire avant de mettre en circulation les contenus agronomiques : de fait, les choix de retenir une source plutôt qu'une autre sont à la discrétion de l'enquêteur.

Encadré 10. Extrait de Lamé et al., 2016, cas Legitimes

« La compétitivité de la culture passe d'abord, selon les producteurs, par une bonne couverture du sol. Les espèces choisies peuvent être couvrantes comme le pois fourrager ou la lentille, qui « fait un beau tapis » (commentaire d'un agriculteur enquêté). Certains agriculteurs soulignent aussi que la présence, dans l'association, d'espèces allélopathiques comme la cameline, l'avoine, le seigle, ou le sarrasin, permet d'avoir des parcelles assez propres, grâce à la production de composés qui empêchent la croissance d'autres plantes (Frick et Johnson, 2012). Pour accroître la compétitivité de l'association, certains agriculteurs cherchent à associer plusieurs espèces complémentaires : les associations avec plus de deux espèces sont considérées comme bien couvrantes par les agriculteurs et sont généralement peu désherbées. Le choix variétal est également important : privilégier des variétés compétitives, comme des blés hauts, dans une association binée permet que la culture puisse « couvrir le rang nu et ainsi faire de l'ombre aux adventices ». Dans un cas, la cameline est même semée perpendiculairement à la lentille pour « couvrir au maximum le sol ». La densité du couvert influence aussi la compétitivité de l'association. Lorsque la densité est forte, c'est-à-dire que la somme des densités relatives des composantes de l'association s'élève à 170%, les agriculteurs considèrent qu'il n'est pas nécessaire de désherber, sauf si l'association est peu compétitive par rapport aux adventices, Si l'indicateur de densité est inférieur à 150 environ, les pratiques sont variables : de zéro à deux passages de désherbage mécanique, et plus si les associations sont jugées peu couvrantes. »

☀ Repérer des désirables dans les inconnus émergent de l'étude de pratiques

Dans plusieurs situations, les porteurs de cas rendent compte du fait que l'étude de pratiques innovantes leur a permis de faire émerger de nouveaux inconnus qui s'expriment au travers de nouvelles questions de recherche et de concepts (inconnus désirables), qu'ils décident d'explorer.

Dans certains cas, les porteurs de cas expliquent qu'ils s'appuient sur des pratiques innovantes d'agriculteurs pour alimenter des ateliers de conception de systèmes de culture réalisés avec des groupes d'agriculteurs, comme dans le cas de 4sysleg, de Legitimes ou encore d'Innov'Action :

« Ces agriculteurs par exemple on peut les faire intervenir, on a un projet où on accompagne trois collectifs d'agriculteurs dont un qui travaille sur les cultures associées, légumineuses-céréales et l'enjeu c'était de faire un atelier de co-conception pour construire un système de culture qui leur permette d'intégrer ces cultures associées, et de les tester (...) dans l'atelier de co-conception [on implique] des agriculteurs qu'on a identifiés comme experts de différentes techniques, (...) on utilise donc aussi maintenant ces agriculteurs comme des experts dans des démarches de recherche appliquée qu'on mène. » (Extrait entretien Innov'Action, 04/07/2017).

Certains soulignent qu'ils identifient des questions de recherche qu'ils souhaitent explorer. L'enjeu pour eux est de savoir comment poursuivre les explorations : dans le cas Agri'novateurs par exemple, c'est au cours des échanges avec le collectif d'agriculteurs et avec des chercheurs et d'autres acteurs au sein de la Chambre d'Agriculture du Finistère que le porteur de cas hiérarchise, parmi les questions de recherche émergent au sein du collectif, celles qu'ils décident d'approfondir. Dans ce cas-là, ces questions ont à plusieurs reprises donné lieu à la réponse à des appels à projets et à des expérimentations, notamment au sein de GIEE.

« On s'est focalisé sur le stockage de carbone, on voulait stocker les émissions de gaz, et on vient de déposer un dossier actuellement en GIEE, sur l'évaluation du stockage de carbone dans les systèmes polyculture élevage, en fonction des pratiques culturales. Dans l'échantillon on a 17 [agriculteurs] avec des pratiques culturales différentes. » (Extrait entretien Agri'novateurs, 05/07/2017)

Dans d'autres cas, au moment des entretiens, les enquêteurs avaient ouvert des questions de recherche, mais sans savoir encore comment elles pourraient être explorées, et c'est en les mettant en circulation auprès de chercheurs (interpellations directes ou lors de colloques) que les porteurs de cas les disséminent :

« J'ai été amenée à faire plein de présentations devant des publics différents et donc j'ai très souvent mis en avant ces résultats-là, j'avais deux objectifs le premier était de remuer un peu les scientifiques, de leur dire, sortez un peu de vos labos, regardez ce qui se passe chez des agriculteurs, il y a des tas d'innovation sur lesquelles on ne sait rien (...) par ex. quand je montre les critères, j'ai une autre diapo que j'ai présentée devant des publics un peu scientifiques, je reprends celle-ci, je montre voilà la

diversité des critères des agriculteurs et je plaque dessus les principaux critères d'évaluation qu'il y a dans la littérature. Je dis regardez la déconnexion qu'il y a entre les deux, nous scientifiques on ne travaille pas sur ce qui intéresse les agriculteurs, il y a un problème de déconnexion. » (Extrait entretien Legitimes 09/03/2017).

Enfin, dans plusieurs cas, ce sont les agriculteurs impliqués (Auto'N, Réseau Berry, Agri-Bio 1, Agri'novateurs) ou les porteurs de cas qui se saisissent de concepts émergents pour concevoir des systèmes agricoles qu'ils testent en ferme ou en station expérimentale. Par exemple, dans le cas 4syselg, suite à l'étude de pratiques, le concept « *une association d'espèces en maraichage optimisant l'usage du sol* » a été exploré au cours de la conception de systèmes de culture à expérimenter (4sysleg). On peut aussi citer un exemple issu du réseau Agri'novateurs :

« Il y a des choses sur les croisements de races, des gens qui croisent des races laitières, moi je sais pas répondre la dessus... un effet hétérosis, qu'est-ce que ça fait... ? Là on a ramené à la recherche et actuellement il y a un essai en cours là-dessus, et en plus on a monté un groupe AEP³⁸ là-dessus, ils sont 25 agriculteurs, qui travaillent sur le croisement de races et en lien avec la station expérimentale. » (Extrait entretien Agri'novateurs, 05/07/2017).

4.3. Nature des contenus agronomiques à visée prescriptive mis en circulation

Tous les porteurs de cas ont mis en circulation, auprès d'agriculteurs et/ou de conseillers des contenus agronomiques prescriptifs à partir de ce qu'ils ont appris sur les pratiques. Ces contenus mis en circulation résultent de choix que font les porteurs de cas, concernant ce qu'ils jugent pertinent et utile de transmettre, directement ou indirectement à des agriculteurs, pour, disent-ils, « *leur donner des idées* », « *leur donner envie de changer* »... Nous présentons ici une catégorisation des contenus que nous avons étudiés : des témoignages, des logiques d'action génériques, des gammes d'options techniques, des processus agronomiques décontextualisés illustrés en pratique, et des règles de décision.

Des témoignages. Ces contenus se rapportent aux récits de pratiques d'agriculteurs, toutes très diverses, ayant en commun de se référer à un même champ d'innovation (ex. la viticulture biologique). Ces témoignages sont mis en circulation soit sous la forme de supports écrits, soit au cours d'échanges oraux (ex. portes ouvertes à la ferme), soit au travers de vidéos. Dans le cas des supports écrits et des échanges oraux, le récit de l'agriculteur restitue son expérience pour rendre compte de ce qui l'a conduit à imaginer des systèmes techniques et à les mettre en œuvre comme il l'a fait. Le récit établit des liens systémiques entre les techniques qu'il a mises en œuvre, des spécificités de sa situation, des performances et les conditions de ses actions (dont les indicateurs qu'il mobilise pour agir). Dans la majorité des cas, les récits des agriculteurs sont complétés, par écrit ou oralement (par un conseiller

³⁸ Agriculture Ecologiquement Performante.

agricole), par d'autres contenus agronomiques (notamment pour aider au processus de dé-contextualisation et re-contextualisation dans une autre situation) : interprétations des processus naturels en jeu, résultats d'évaluation sur d'autres critères que ceux de l'agriculteur, conditions d'adaptation des actions de l'agriculteur dans d'autres contextes, ou pistes pour imaginer des alternatives techniques (**Encadré 11**). Dans deux cas (Agri'novateurs, Osae), l'écrit ne constitue qu'une étape de la capitalisation sur une expérience d'agriculteurs : chaque témoignage est mis à jour annuellement pour tracer l'évolution des pratiques (**Encadré 11**). Dans les cas Agri'novateurs, Atelier Paysan, Osae, Innov'Action, on trouve, associés aux témoignages, les contacts des agriculteurs témoignant, ouvrant des possibilités d'échanges plus approfondis sur des contenus dépassant ceux proposés dans les supports écrits. Dans trois cas (Innov'Action, Agri'novateurs, Osae), les témoignages d'agriculteurs sont mis en commun au cours d'échanges physiques, les contenus en circulation sont alors plus flexibles que sur des supports écrits, dans la mesure où ce qui est échangé s'adapte aux interactions entre les participants. Les témoignages sont dans deux cas mis en scène, au travers de vidéos (Osae, Atelier Paysan). On peut y visualiser les actions que réalise un agriculteur en relation avec l'état initial et les évolutions des états de sa situation (milieu : sol, climat, observation de ravageurs ; travail réalisé par un outil, etc.). Parfois, l'agriculteur commente ce qu'il fait et décrit les informations que lui renvoie la situation, et qui lui permettent d'évaluer les effets de son action. La vidéo offre la possibilité de visualiser les liens systémiques régissant la cohérence entre les actions, la situation, les processus agronomiques en jeu et les états du milieu obtenus. Dans le cas Osae, on trouve aussi des vidéos qui rendent compte de ce qu'ils appellent les 'déclis' des agriculteurs, c'est-à-dire les moteurs qui les ont conduits à faire évoluer leurs pratiques (une mise en cohérence des pratiques avec de nouvelles valeurs, des problèmes de santé...).

Encadré 11. Extrait d'un témoignage écrit, produit dans le cadre du projet Vitinnobio (Petit et al., 2018)**Témoignage d'un agriculteur sur : des moutons pour la gestion de l'herbe et l'effeuillage en viticulture biologique**

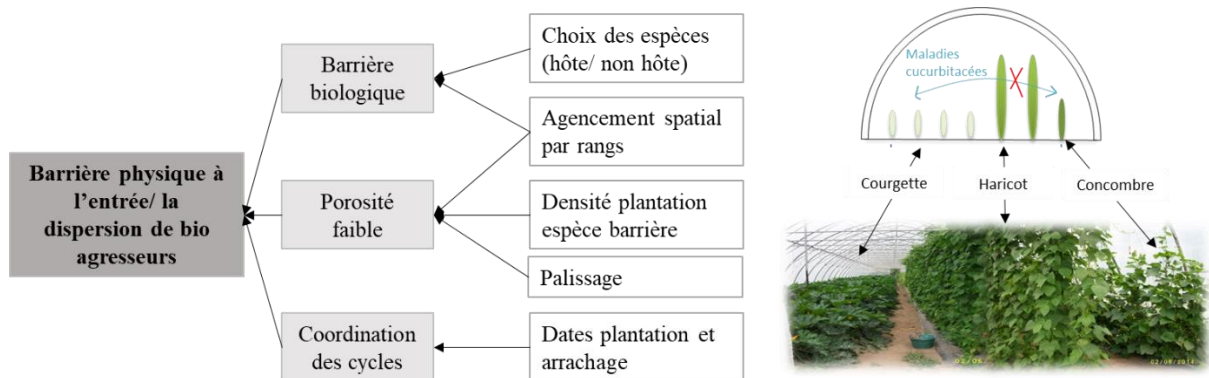
« Cette ferme est conduite en agriculture biologique depuis 1988. Ce n'est donc pas le vignoble qui a subi une conversion, mais le nouveau vigneron qui a dû s'adapter à l'agriculture biologique. A son arrivée le principal problème était la gestion de l'herbe en raison du peu de matériel disponible. Il a investi dans du matériel d'occasion au fur et à mesure mais ce matériel s'est révélé peu adapté aux différentes densités de plantation présentes sur le domaine. Attaché à la préservation de la biodiversité et à l'association animal/végétal, le vigneron a essayé de trouver des solutions à son problème d'herbe par l'intégration d'animaux d'élevage. (...) Initialement, le vigneron avait du mal à gérer convenablement le développement d'herbe sous le rang en début de saison, par manque de temps et d'équipement. Face à cela, il a choisi d'installer des moutons en pâturage d'hiver, des vendanges au débourement, afin qu'ils tondent les parcelles de manière rase en broutant l'herbe du rang et de l'inter-rang. Il estime que le travail des moutons lui permettait de gagner les 10 à 15 jours qu'il lui manquait au printemps dans les années humides, en raison de son manque d'équipement pour la gestion de l'herbe. Sur la plupart de ses parcelles (vignes larges), un enherbement est laissé un rang sur deux. Le rang enherbé est tondu au printemps tandis que le rang nu est travaillé à l'aide d'un outil de type griffe. Les vignes étroites, elles, sont décavaillonnées et travaillées sur tous les inter-rangs avec des disques, puis une herse rotative et éventuellement le vibroculteur. Sous le rang, un léger chausage à l'automne, puis un passage de tournesol sont effectués. Au final, le vigneron est satisfait de la gestion des adventices, en particulier au niveau du cavillon. L'installation des moutons a modifié l'itinéraire technique car les engrais verts ont été supprimés sur les parcelles pâturées. »

Commentaires sur le témoignage, rédigés par les porteurs de cas et ajoutés en complément dans le support écrit :

« Associé à la viticulture, le pastoralisme peut donner des résultats intéressants : amélioration de la biodiversité, entretien de l'enherbement du rang et de l'inter-rang ; On peut aussi ajouter l'apport de matière organique par les déjections animales, mais nous ne sommes pas en mesure aujourd'hui de quantifier ces apports qui dépendent de nombreux facteurs comme l'alimentation et le stress. (...) L'utilisation des moutons permettait donc sur un domaine de 14 ha de gagner 56 heures de travail et d'économiser ainsi plus de 3 000 euros par an (tableau 2). Dans cet exemple, l'investissement initial peut être rentabilisé en quatre ans. (...) Si le vigneron ne peut pas ou ne veut pas investir, l'idéal serait d'établir un contrat avec un éleveur voisin, pour convenir d'une entente sur l'utilisation des parcelles du vigneron pour le pâturage des brebis voisines. Les deux agriculteurs seraient bénéficiaires de cet accord. Le vigneron n'aurait pas besoin de passer son temps à s'occuper des bêtes, et le travail des brebis dans la parcelle lui ferait gagner le temps de la tonte. Quant à l'éleveur, il bénéficierait d'aliment frais et gratuit pour nourrir son troupeau. »

Des logiques d'action génériques. Ces contenus agronomiques présentent des relations génériques entre des actions, des états du milieu et des processus agronomiques (**Encadré 12**). Ces contenus sont un moyen de rendre compte d'une logique d'action 'décontextualisée' pour stimuler son adaptation dans d'autres situations. On retrouve ces contenus dans les supports écrits produits dans le cadre de Legitimes, de 4sysleg et de Agri-Bio. Dans ces contenus, les propositions génériques sont parfois associées à des exemples de leur mise en œuvre dans une situation.

Encadré 12. Illustration d'une logique d'action générique sur le cas de l'effet barrière à la dispersion des bioagresseurs en maraichage sous abri, cas 4sysleg, adapté de Dupré (2015)



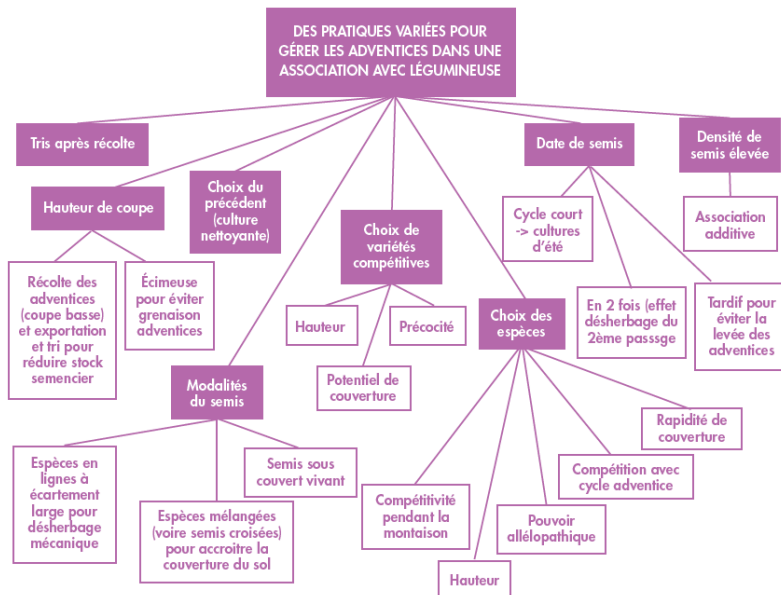
« Le choix des espèces « barrière » et leur palissage (recherche d'une porosité faible et un port haut) est lié à leur agencement en row intercropping : les plantes potentiellement barrière sont palissées sur fil et disposées pour perturber le déplacement supposé des bioagresseurs ciblés. En choisissant une espèce « barrière » d'une famille botanique différente des autres espèces de l'association, on minimise les risques qu'elle favorise certains bio-agresseurs des autres espèces. »

« L'agriculteur 10 dispose deux rangs hauts de haricot entre des rangs de courgette et de concombre. Sa motivation est de gérer l'oïdium externe des cucurbitacées (*Podosphaera xanthii* et *Golovinomyces cichoracearum*). En effet, son hypothèse est que la présence du haricot sera une barrière physique à la dispersion de maladies, puis le vide laissé entre les deux cucurbitacées après son arrachage (espèce de cycle plus court de deux mois) sera un frein à la transmission de la maladie entre les deux cucurbitacées ».

Des gammes d'options techniques. Ces contenus rendent compte de gammes d'options pour la mise en œuvre d'une technique particulière, et dans chaque cas, les auteurs rendent compte des raisons qui ont conduit les agriculteurs à retenir l'une ou l'autre des options (**Encadré 13**). Ces raisons constituent de premières pistes pour un concepteur en vue de s'orienter dans la sélection des options proposées. Dans le cas Agri-Bio 1, les contenus mis en circulation mélangent des options techniques mises en œuvre par des agriculteurs dont les pratiques innovantes ont été étudiées, et des options techniques citées dans la littérature (scientifique et technique).

Encadré 13. Extrait de Jeuffroy et al. (2018) – cas Légitimes

Une diversité de modalités de gestion des adventices dans les associations céréales-légumineuses à graines



Des processus agronomiques illustrés en pratique. Dans ces contenus, ce sont des connaissances fonctionnelles décontextualisées, sur des processus agronomiques connus dans la littérature, qui sont présentées (ex. la biologie de certaines adventices, Agri-Bio 2 ; des connaissances sur le cycle de la matière organique, Auto'N). Dans les écrits que nous avons étudiés, les connaissances décontextualisées sont associées à des témoignages d'agriculteurs, contextualisés, dont le récit porte sur les pratiques qu'il a mises en œuvre dans l'optique de gérer durablement le processus agronomique d'intérêt (ex. **Encadré 14**). Dans ces contenus, le récit permet d'illustrer, en pratique, la manière dont un agriculteur se saisit de ces connaissances décontextualisées pour agir, interpréter ce qu'il se passe et évaluer les effets de ses actions dans sa propre situation.

Encadré 14. Extrait d'un support écrit produit dans le cadre de l'initiative Auto'N

Processus agronomiques décontextualisés

« Les Produits Résiduaire Organiques (PRO) désignent les effluents d'élevages, agro-industriels et urbains qui sont épandus dans les champs cultivés. Ils contiennent deux fractions azotées : l'une est minérale, sous forme ammoniacale (NH₃) ou uréique qui est facilement assimilable ou volatilisable ; l'autre est organique (COMIFER, 2013). L'effet des PRO dépend de leur composition et notamment du ratio Carbone/Azote total (C/N). Plus ce ratio est faible, plus l'azote apporté sera rapidement disponible. Au contraire, plus le ratio est élevé, plus l'apport aura un effet positif sur le stockage de Carbone mais négatif sur la disponibilité de l'azote apporté.

NB : Les teneurs en lignine et cellulose du PRO conditionnent également sa dégradation. La lignine est très complexe, donc plus difficile à dégrader que la cellulose.

Quand apporter les PRO à C/N > 8 ? La dégradation de ces PRO nécessite aux bactéries de consommer l'azote minéral du sol avant de libérer progressivement l'azote organique des PRO sous forme minérale. Cette phase d'organisation est plus rapide, voire inexistante, si l'humification de la matière organique est avancée (compost). »

Illustration de l'usage de ces connaissances en pratique

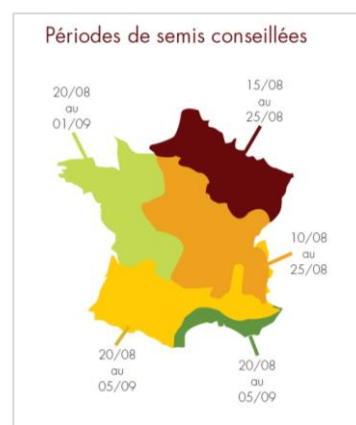
« Au GAEC de la Poste, l'élevage de taurillons produit 6000t de fumier par an, destinés principalement à la fertilisation des betteraves. Ils ont choisi de composter ce fumier pour rendre les éléments nutritifs plus disponibles. Ils l'apportent après le ramassage des pailles et avant le semis des moutardes en interculture (développement rapide et forte absorption d'azote). Ainsi, le couvert absorbe l'azote restant après la récolte de blé et celui provenant de la minéralisation du compost, pour en restituer une partie à la betterave. Ils réfléchissent également à fertiliser l'orge de printemps avec du fumier très décomposé sortie hiver. (...) »

Des règles de décision. Dans ce type de support écrit, les pratiques innovantes qui ont été étudiées par les porteurs de cas n'apparaissent pas explicitement (on ne se réfère pas aux agriculteurs enquêtés). Les contenus agronomiques sont décontextualisés : ils consistent en des liens prédictifs entre des gammes d'options techniques et des situations agronomiques, pour atteindre des performances données. Le guide colza associé à des légumineuses gélives (**Encadré 15**) en est un bon exemple, il fournit des gammes de règles de décision permettant de constituer des itinéraires techniques adaptés à sa situation. Notons que le guide ne fournit pas de connaissances sur les interactions entre les règles de décision (ex. est-ce que le choix d'une modalité de semis influe sur le choix d'une intervention anti-graminées ?).

Encadré 15. Extrait du guide colza associé avec légumineuses gélives - Réseau Berry

« Gestion de l'interculture : Que le colza soit seul ou associé, l'interculture est gérée de façon identique en tenant compte des exigences du milieu.

Date de semis : La bonne levée du colza et la levée précoce des légumineuses (au plus tard le 1er septembre, sous peine de limiter les bénéfices du couvert associé) conditionnent la réussite de l'association. Le semis doit être avancé par rapport aux recommandations sur colza seul, surtout dans les sols argileux et les régions les plus fraîches, en tenant compte des conditions pédoclimatiques (dans l'idéal, avant une pluie annoncée). Si possible, privilégier les dates précoces des fourchettes conseillées dans les sols les plus froids et argileux des zones concernées, et les dates tardives des fourchettes conseillées dans les sols à plus forte disponibilité en azote (carte).



Interventions anti-graminées : Rattrapage de postlevée, sur repousses de graminées avec un antigraminées foliaire : même raisonnement qu'en colza seul (les produits sont sélectifs des légumineuses); Rattrapage d'entrée ou de sortie hiver sur graminées avec produit racinaire : si les graminées sont la seule cible, utiliser un produit type Kerb Flo ; si, en plus des graminées, l'intervention cible des dicotylédones ou la destruction des légumineuses associées, utiliser un produit type Ielo, Yago. »

4.4. Eclairages sur des relations entre processus et avec les contenus agronomiques générés

Dans ce dernier paragraphe de résultats, nous proposons de revenir sur des relations, ayant émergé de l'analyse transversale des cas, entre 'les processus' catégorisés dans le cadre (Figure 8) et avec 'les inconnus et types de contenus agronomiques générés'.

5) Inconnus et contenus agronomiques générés / processus	1) S'orienter vers des pratiques jugées innovantes	2) Prendre connaissance des pratiques et 3) les analyser	4) Préparer la mise en circulation	Cas concernés (n°)
Questions de recherche et concepts	1.1, 1.2 ou 1.3	3.1. et 3.2. analyses qualitatives en aval et au cours de l'action ; 3.3 analyse statistique	/	1, 2, 3, 5, 6, 10, 12
Témoignages	1.1. ou 1.2. Cadrage autour d'un concept précis et exploration ouverte à différents contributeurs	2.1. entretiens/échanges en aval de l'action 3.1. analyse de chaque pratique pour produire un récit	(4.1. Produire des connaissances pour enrichir les contenus) ; 4.2. élaborer la preuve sur les connaissances produites	4, 7, 8, 10, 11, 12
Logiques d'action génériques	1.1. Cadrage autour d'un concept précis	2.1. entretiens/échanges en aval de l'action 3.2. analyse croisée pour produire des logiques d'action génériques	4.1. Produire des connaissances pour enrichir les contenus ; 4.2. élaborer la preuve sur les connaissances produites	2, 3
Gamme de techniques	1.1. ou 1.3. Cadrage autour d'un concept précis et cadrage avec les agriculteurs	2.1. et 2.2. entretiens/échanges en aval de l'action et au cours de l'action 3.1. analyse de chaque pratique pour produire un récit	4.1. Produire des connaissances pour enrichir les contenus ; 4.2. élaborer la preuve sur les connaissances produites	2, 3, 4
Processus agronomiques illustrés en pratique	1.3. cadrage avec l'agriculteur engagé dans le changement	2.2. échanges au cours de l'action ; 3.3. analyse avec l'agriculteur de la logique d'action et des effets des pratiques	4.1. Produire des connaissances pour enrichir les contenus ; 4.2. élaborer la preuve sur les connaissances produites	4, 6
Règles de décision	1.1. ou 1.3. Cadrage autour d'un concept précis et cadrage avec les agriculteurs	2.2. enquête fermée ou 2.3. échanges au cours de l'action 3.3. analyse avec l'agriculteur de la logique d'action et des effets des pratiques ou 3.4. analyse à partir de tests statistiques	4.1. Produire des connaissances pour enrichir les contenus ; 4.2. élaborer la preuve sur les connaissances produites	1, 5

Tableau 12. Relations entre processus et avec les inconnus et contenus agronomiques générés. Les processus indiqués entre parenthèses signifient qu'ils ne sont pas réalisés dans tous les cas concernés sur la ligne, les numéros dans les lignes se réfèrent au codage dans le tableau 11.

Le Tableau 12 synthétise les relations entre les processus et avec les inconnus et contenus agronomiques générés au fil de l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs. Ce tableau montre que les types de contenus générés émergent de combinaisons de processus contrastées : ce qui est mis en circulation résulte de choix que font les porteurs de cas vis-à-vis de ce qu'ils ont appris. Ce tableau rend compte du

fait que dans la diversité des cas, on trouve des convergences dans les manières de conduire les études de pratiques innovantes dans des projets de conception.

Dans la majorité des cas, des **questions de recherche** et des **concepts** sont mis au jour et formalisés dans l'optique d'être approfondis soit par les porteurs de cas et les agriculteurs impliqués, soit par d'autres acteurs de la R&D. Dans ces situations, c'est l'analyse agronomique qui constitue une étape déterminante au cours de laquelle émergent et sont formalisés des questions et concepts, et le type d'analyse conduite (3.1, 3.2 ou 3.3) influe sur l'exploration dans l'inconnu : le type d'analyse 3.3. cadre a priori l'exploration, et donc les questions qui émergent, à partir de variables définies, en amont de l'étude, par les porteurs de cas ; en revanche, dans les analyses de types 3.1. et 3.2., les questions et concepts émergents sont moins cadrés puisque soumis à ce que les agriculteurs explicitent sur leurs pratiques ; et l'exploration est d'autant plus vaste que le champ de pratiques exploré est défini avec des collectifs d'agriculteurs ou des conseillers, dont les centres d'intérêt peuvent être très hétérogènes (1.2. et 1.3.). Notons que dans les initiatives dans lesquelles l'étude de pratiques innovantes a été engagée dans l'optique de favoriser la circulation des expériences entre agriculteurs (ex. Osaé, Innov'Action), les porteurs de cas ne formalisent pas et ne cherchent pas à explorer les questions de recherche qu'ils rencontrent.

Les **témoignages** ont en commun d'avoir été générés dans le cadre d'initiatives dans lesquelles l'exploration était ouverte à de multiples contributions (1.2.), hormis pour le cas de l'Atelier Paysan. Les contenus agronomiques mis en circulation sont aussi variés que les pratiques qui ont été repérées et explicitées en aval de l'action (2.1). Les récits d'agriculteurs résultent directement des analyses agronomiques conduites sur chaque pratique (3.1.). Dans plusieurs cas, ces récits sont associés à des connaissances produites par les enquêteurs et qui complètent le récit de l'agriculteur (4.1. – suggestions d'alternatives techniques, d'autres processus naturels ou conditions d'action...). La fiabilisation des connaissances passe généralement par une relecture par l'agriculteur de ce que le porteur de cas a retranscrit de ses pratiques (4.2.).

Les '**logiques d'action génériques**' et les '**gammes de techniques**' sont générées dans le cadre d'études dans lesquelles l'exploration de l'inconnu était focalisée sur un concept technique précis (1.1., ex. l'association d'espèces), offrant la possibilité aux porteurs de cas d'élaborer des guides d'entretiens autour de ce concept (2.1.), de bâtir des comparaisons entre les pratiques d'agriculteurs qu'ils découvrent (3.2.), et de centrer la production de connaissances sur des techniques et des processus agronomiques se rapportant à ce concept (4.1.). Dans ces situations, la production de liens génériques plausibles repose sur des preuves (4.2.) établies à partir des convergences entre pratiques innovantes d'agriculteurs, et en confrontant des discours d'agriculteurs à des concepts théoriques et des connaissances agronomiques produites dans un cadre scientifique.

Les '**processus agronomiques illustrés en pratique**' ont été produits suite à des études de pratiques innovantes réalisées au fil de l'action, et autour d'un concept relatif à la gestion d'entités naturelles (ex. l'azote, les adventices) (2.2.). Les porteurs de cas ont rassemblé les connaissances disponibles sur la question (4.1) et ce qu'ils mettent en circulation résulte d'une mise en dialogue entre des connaissances génériques sur les processus agronomiques avec les expériences, les interprétations et jugements qu'ils coproduisent avec les agriculteurs dont ils suivent les pratiques (3.3.). L'élaboration de preuves articule souvent le regard des agriculteurs avec celui des porteurs de cas (qui mobilisent leur expertise, des modélisations informatiques, la littérature...).

Enfin, les règles de décision émergent d'un choix des enquêteurs de produire des contenus agronomiques prédictifs, dans lesquels, à la différence du contenu précédent, les processus agronomiques en jeu ne sont pas rendus explicites. Certaines règles sont produites à l'aide d'outils statistiques (3.4.) à partir de ce qui a été appris au travers d'enquêtes fermées (2.3.), alors que d'autres résultent d'un assemblage entre les connaissances produites au cours de l'étude de pratiques en situation (3.3.) avec d'autres connaissances dont disposent les auteurs (4.1.).

5. Discussion intermédiaire

Nous proposons de discuter ici les résultats de ce chapitre sur deux volets : un premier (5.1.) porte sur ce que nous avons appris des relations entre étude de pratiques innovantes d'agriculteurs et conception en agronomie, et un second (5.2.) porte sur les propriétés des contenus agronomiques mis en circulation. La discussion concernant les spécificités de « l'étude des pratiques innovantes » par rapport aux approches de l'analyse des pratiques présentées dans la partie « problématique » sera abordée dans la discussion générale de la thèse, car les chapitres 3 et 4 y contribueront également.

5.1.L'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs : s'orienter, gérer, explorer des espaces inconnus

Les résultats de ce chapitre rendent compte d'une diversité de manières d'étudier des pratiques 'innovantes' d'agriculteurs, qui n'avait jusqu'alors, à notre connaissance, pas été mise en débat. Cette activité apparaît être un moyen, pour les porteurs de cas, d'explorer et soutenir des champs d'innovation émergeant dans le projet collectif d'une agroécologisation de l'agriculture (ex. la viticulture biologique, l'outillage agricole pour une agriculture biologique et paysanne, les associations de culture en maraichage sous abri). En regard des régimes de conception (2 à 4), que nous avons caractérisés dans le chapitre 1, on trouve, dans certaines des initiatives que nous avons étudiées, l'expression de rapports de prescription originaux entre agriculteurs et acteurs de la R&D, puisque c'est à partir d'innovations en ferme que ces derniers apprennent ce qu'ils prescrivent ensuite à d'autres agriculteurs.

L'approche que nous avons adoptée dans ce travail complète les travaux dans lesquels sont présentés les résultats d'études de pratiques innovantes, hors-norme, atypiques d'agriculteurs dans des situations spécifiques (ex. Jagorert et al., 2012 ; Abay et al., 2008 ; Salembier et al., 2016 ; Blanchard et al., 2017) puisque nous proposons de caractériser, de comparer et de tirer des enseignements d'une diversité de démarches. Ce travail se rapproche de l'enjeu, suggéré par Briggs (2013), de s'intéresser davantage aux processus épistémiques qui sous-tendent l'étude de pratiques d'agriculteurs (en contraste aux travaux qui valorisent avant tout le résultat de ces études). Nos résultats montrent qu'il n'émerge pas une 'bonne manière' d'étudier les pratiques innovantes : les porteurs ont, chacun dans leur situation, inventé, adapté et se sont outillés pour étudier des pratiques d'agriculteurs singulières, qui leur sont inconnues et désirables.

Par l'étude transversale d'un panorama de 12 cas, **nous avons fait émerger un cadre analytique qui nous a permis d'explorer et d'organiser la diversité des manières d'étudier des pratiques innovantes dans des projets de conception.** Ce cadre se structure autour de 5 processus (Figure 8) au cours desquels les porteurs d'initiatives gèrent leurs explorations de ces pratiques pour générer de nouveaux inconnus (questions de recherche, concepts) et de nouveaux contenus agronomiques.

Ces 5 processus se rapportent à : 1) comment s'orienter vers des pratiques innovantes ; 2) comment prendre connaissance de ces pratiques ; 3) comment les analyser ; 4) comment préparer la mise en circulation de contenus à partir de ce qui a été appris sur les pratiques découvertes et, enfin, 5) comment repérer de nouveaux inconnus et générer des prescriptions. Chacun de ces processus constitue un espace de conception particulier, dans lequel des concepteurs peuvent imaginer des méthodes, des instruments et des logiques d'action collectives qui seraient cohérentes et qu'ils pourraient adapter aux situations dans lesquelles ils se trouvent. Ainsi, **nous proposons de considérer l'étude de pratiques innovantes comme une démarche qui peut être conçue par ceux qui s'y engagent.** Dans cette optique, plusieurs résultats peuvent être mobilisés pour soutenir la conception de telles démarches dans d'autres situations : le cadre que nous avons construit, qui offre des repères sur des questions clés à se poser au cours de l'élaboration de telles démarches et les expériences que nous avons mises au jour, qui offrent des exemples desquels s'inspirer et des exemples de choix qui peuvent être réalisés au cours du processus (Tableau 11).

Le cadre que nous avons produit offre aussi des repères pour relire certains travaux sur l'étude de pratiques innovantes dans la littérature. Par exemples : comment s'orientent-ils vers des pratiques innovantes ? Dans certains cas, c'est un concept ciblé, défini par les porteurs de cas (ex. 4sysleg) ou parfois émergent de consensus collectifs (ex. Atelier Paysan) qui oriente le repérage de pratiques innovantes. On retrouve cette situation dans les travaux de Leclère et al. (2018), sur le cas de la Cameline comme culture 'orpheline', ou de Feike et al. (2010) sur le cas des associations d'espèces en Chine. Parfois, ce sont des agriculteurs ou des acteurs de la R&D, dispersés dans des territoires qui, à partir de

leur propre référentiel, proposent des innovations qu'ils jugent pertinentes de mettre en commun au sein de dynamiques collectives (ex. des agriculteurs impliqués dans le réseau des Agri'novateurs relatent leurs expériences sur des pratiques qu'ils ont imaginées et mises en œuvre et qu'ils jugent pertinentes de mettre en commun avec le collectif). A notre connaissance, cette seconde proposition a peu été décrite dans la littérature. Dans d'autres cas, le concept exploré est co-défini par les porteurs de cas et les agriculteurs : ce type de collaboration se rapproche de processus de co-conception décrits dans la littérature ou de démarches de recherche action ou intervention (ex. Le Gal et al., 2011).

La prise de connaissance et l'analyse des pratiques sont des moments clés au cours desquels les porteurs de cas cadrent, orientent et sont confrontés à de nouveaux 'inconnus', en fonction des modalités d'échange et d'analyse qu'ils mettent en œuvre. Dans la majorité des cas, les explorations des porteurs de cas sont orientées par ce qu'ont fait et ce qu'explicitent les agriculteurs ; seul le cas Ecophyto cadre a priori l'exploration par une liste prédéfinie de variables jugées pertinentes. Cette liste prédéfinie est commode pour un traitement statistique des données, mais elle a l'inconvénient de fermer l'analyse aux processus qui n'ont pas été identifiés au moment de la définir. Les approches compréhensives, au contraire, permettent de recueillir auprès des acteurs les variables qui expliquent, chez eux, les formes qu'ont prises leurs pratiques, et de mettre au jour des critères d'évaluation qui, pour être personnels, n'en sont pas moins déterminants ; mais l'analyse compréhensive, par son coût, ne permet pas de constituer des échantillons de grande taille, et marque une rupture avec des procédures standard et dominantes d'administration de la preuve en agronomie (à partir d'échantillons statistiques représentatifs d'une population). A notre connaissance, ces différentes approches, qui existent aujourd'hui dans la littérature scientifique, ont rarement été comparées du point de vue des explorations dans l'inconnu qu'elles permettent de susciter.

Nous faisons, au début de ce chapitre, l'hypothèse qu'étudier des initiatives ancrées dans des institutions variées fournirait des pistes de discussion sur les modalités de production de connaissances en agronomie aujourd'hui. D'abord, nous constatons que l'étude de pratiques innovantes est pratiquée, sans exclusivité, par des scientifiques aussi bien que par d'autres acteurs de la recherche et du développement. Mais, bien sûr, nous l'avons évoqué, avec des intentions contrastées. Cette mise en comparaison nous permet de constater que, quels que soient les acteurs, tous mobilisent des corpus de connaissances agronomiques provenant de sources variées (publications scientifiques, littérature grise...) au moment de produire une intelligibilité et un jugement sur les pratiques innovantes qu'ils découvrent. Ce constat se rapproche de pratiques de production de connaissances que nous avons décrites dans le régime de conception 1 (chapitre 1), et contraste avec les pratiques de production de connaissances décrites dans les régimes 2, 3 et 4. Ce constat ouvre aussi des questions originales, et peu traitées en agronomie, sur les modalités de gestion de ces différentes sources au cours de processus de production de connaissance en situation de conception.

5.2. Générer et mettre en circulation des contenus agronomiques à partir de pratiques innovantes d'agriculteurs

On trouve aujourd'hui un foisonnement de contenus agronomiques mis en circulation par la R&D agricole en France, mais nous connaissons encore peu les modalités de leur élaboration (Meynard, 2016). Dans ce travail, nous montrons comment certains contenus émergent à partir de l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs. En particulier, nous avons porté notre attention sur la nature de ces contenus - comme dans les travaux de Girard et al. (2016) ou Le Masson et Weil (2013) – en vue de rendre compte de la façon dont on y prescrit l'action à d'autres acteurs (avant tout des agriculteurs). Autrement dit nous n'avons pas étudié l'usage de ces contenus en situation et tels qu'ils pourraient être appropriés par différents acteurs (Cerf et al., 2012 ; Coquil, 2014)³⁹, mais nous nous sommes intéressés aux propriétés de ces contenus.

Ces contenus agronomiques sont, dans tous les cas que nous avons étudiés, un moyen, pour les porteurs de cas, de mettre en circulation, à différents moments de leurs explorations, ce qu'ils ont appris et ce qu'ils jugent utile de partager avec des agriculteurs pour stimuler l'évolution de leurs pratiques. L'étude de ces contenus nous a permis de mettre au jour certaines de leurs propriétés qui apparaissent originales vis-à-vis des prescriptions dominantes en agronomie (cf. les prescriptions décrites dans les régimes de conception 2 et 3). Cette originalité se rapporte notamment au fait que leurs auteurs expriment chercher à stimuler l'imaginaire, la réflexion chez les agriculteurs qui s'en saisiraient. Nous proposons de discuter ici de quelques propriétés qui discriminent les contenus que nous avons étudiés, en relation avec ce que nous connaissons du changement dans les pratiques des agriculteurs (cf. l'introduction de ce chapitre) et avec les enjeux contemporains de l'agriculture.

Les résultats de ce travail contribuent à instruire et à rendre compte de jeux entre 'contextualisation' et 'généricité' (pour reprendre l'expression de Girard et Magda, 2018), au cours de la génération de contenus agronomiques, qui ont encore peu été décrits dans la littérature. Nous montrons des formes d'expression de ces différents jeux, qui aboutissent à la génération de contenus agronomiques qui fournissent, aux usagers qui s'en saisiraient, des capacités de conception contrastées :

Dans plusieurs écrits, ce sont **les pratiques contextualisées de l'agriculteur qui sont avant tout mises en avant**. Les témoignages écrits, par exemple, sont un moyen, pour les porteurs de cas, de rendre compte à d'autres, de la cohérence agronomique dans laquelle s'insère une pratique qu'ils jugent innovante, en la resituant dans le contexte de travail, l'expérience et le projet d'un agriculteur. Ils constituent, comme le montre Goulet (2017), des voies privilégiées pour mettre au jour la complexité systémique des changements (synergies, antagonismes, compromis entre techniques etc.), parfois sur le temps long. Les témoignages au cours de portes ouvertes ou de forums constituent une autre voie

³⁹ Ce qui pourrait faire l'objet de travaux ultérieurs.

empruntée, pour qu'un agriculteur exprime lui-même et réponde aux interrogations d'agriculteurs curieux de ses pratiques. Parfois, en complément de ces témoignages, les auteurs cherchent explicitement à établir des relations entre 'la situation de l'agriculteur dont on présente les pratiques' et d'autres situations : par exemple, certains exposent différentes 'conditions d'action' dans lesquelles les pratiques innovantes exposées pourraient s'avérer efficaces (on retrouve ici ce que Sebillotte, 1978 appelle le domaine d'extrapolation). Dans d'autres écrits, les auteurs suggèrent des alternatives techniques pour atteindre des mêmes effets sur le milieu cultivé, ouvrant ainsi le champ des possibles en vue de stimuler l'imaginaire du lecteur (on favorise ici dans les écrits ce que Le Masson et al. (2013) appellent la non-modularité).

Les 'gammes de techniques' constituent une proposition pour organiser et mettre en circulation par écrit une diversité d'options techniques que les porteurs de cas ont rencontrées en ferme. Ces gammes d'options techniques offrent à leurs lecteurs des 'briques de systèmes techniques', que les auteurs ont préalablement organisées et présentées soit i) en relation avec ce qui a guidé le choix des agriculteurs qui les ont mises en œuvre (ex. différents agencements spatiaux en association d'espèces associés à différents objectifs des agriculteurs, 4sysleg), soit ii) en relation avec des processus agronomiques génériques suggérés par la littérature et qu'ils peuvent favoriser (ex. une gamme d'options techniques pour favoriser la concurrence contre les adventices, Agri-Bio 1). Ainsi, ces contenus ne proposent pas des techniques à appliquer, mais suggèrent plutôt une diversité de techniques connues dont un agriculteur pourrait se saisir dans sa situation en fonction de ses objectifs.

Les règles de décision, à la différence des propositions précédentes, sont **décontextualisées** (on ne fait pas référence aux agriculteurs dont on a étudié les pratiques), on y fait aussi référence à des situations types, définies sur quelques variables (le sol, le type de matériel). Les règles de décision proposent des relations prédictives entre ces situations types et des modalités de réalisation d'une action, pour atteindre des performances, par exemple, « si je cultive dans telle zone, je dois semer le colza en association à telle date pour maximiser les performances de l'association » (cas Réseau Berry ; on retrouve ici les « règles de décision » du régime 3, décrites dans le chapitre 1). Ce résultat souligne le fait qu'il n'existe aucune relation directe entre la façon de conduire une étude de pratiques innovantes et les contenus agronomiques que les porteurs de cas génèrent et décident de mettre en circulation. En effet, comme nous l'avons vu dans le chapitre 1, des règles de décision peuvent être générées uniquement à partir de connaissances scientifiques et d'expérimentations en station (régime 3 et 4) ; dans ce chapitre, on constate que des règles de décision peuvent aussi être produites à l'issue de l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs (ex. réseau Berry). Ce constat nous rappelle – comme l'évoquent Cerf et Meynard (2006) - que les contenus qu'on choisit de mettre en circulation résultent de choix qui engagent des manières de se représenter l'action des agriculteurs.

Dans d'autres écrits, ce sont **des connaissances génériques qui sont mises en circulation**, et **auxquelles sont associées des contenus contextualisés**. On trouve ici 'les processus agronomiques illustrés de pratiques'. Différents travaux soulignent que les processus agronomiques sont souvent implicites dans des règles de décision ou les outils d'optimisation ; pourtant, ils jouent un rôle central dans l'anticipation, le suivi et l'interprétation de ses actions par l'agriculteur (Morgan et Murdoch, 2000 ; Toffolini et al., 2017). Dans les écrits que nous avons étudiés, on trouve une combinaison originale entre la présentation de ces connaissances génériques, et des illustrations de la façon dont certains agriculteurs les gèrent durablement dans leurs situations en pratique (ex. gestion de la matière organique, Auto'N). Dans certains écrits, on trouve aussi ce que nous avons appelé des 'logiques d'action génériques', qui fournissent au concepteur des liens entre des processus agronomiques, des états du milieu et des actions génériques qui permettraient de les favoriser. Ces contenus offrent des repères pour imaginer l'activation de processus agronomiques dans une diversité de situations. Les écrits sur les logiques d'action mobilisent souvent des 'concepts théoriques de l'agronomie' (ex. effet précédent, barrière physique à la dispersion des ravageurs, rotation) qui mettent le projecteur sur des espaces de conception, dans lesquels peuvent être imaginés des couplages contrastés entre pratiques, contexte agronomique et performances. Ainsi, nos résultats montrent que **ces contenus agronomiques sont aussi le fruit d'un travail de conception** : à partir de ce qu'ils ont appris en ferme, les porteurs de cas sélectionnent, organisent, enrichissent les contenus agronomiques avant de les mettre en circulation. Plus que 'des contenus idéaux' qu'il suffirait de reproduire, ce sont davantage les propriétés de ces contenus que nous avons décrites qui nous semblent constituer de premières pistes pour en imaginer dans d'autres situations. Le panorama que nous avons exploré gagnerait à être enrichi et comparé à d'autres contenus agronomiques ou objets à visée prescriptive (des vidéos, des échanges en collectif ; les tableaux de bord, Prost et al., 2018 ; les arbres des idées, Reau et al., 2016), qui donnent accès à d'autres formes d'apprentissages (connaissances sensibles, apprentissages par l'action...). Dans les cas que nous avons étudiés, les porteurs mettent souvent en circulation des palettes d'objets à visée prescriptive, souvent conçus en complémentarité. L'étude des usages de ces objets à visée prescriptive, et de leurs complémentarités, pourrait constituer une piste intéressante à explorer dans des travaux ultérieurs.

Chapitre 3. Etude de pratiques innovantes d'agriculteurs pour stimuler la conception couplée d'outils et de systèmes de culture : le cas de l'Atelier Paysan

Ce travail a bénéficié de riches échanges avec Nicolas Sinoir, Joseph Templier et Vincent Bratzlawsky.

Le chapitre 2 nous a permis d'explorer une diversité de situations dans lesquelles des acteurs de la R&D explorent des pratiques innovantes d'agriculteurs, et nous avons caractérisé des processus clés au cours desquels ils gèrent l'émergence d'inconnus en vue de générer des prescriptions pour l'action. Ces initiatives s'opèrent dans des institutions variées (Chambre d'Agriculture, INRA, Institut technique, ONVAR, etc.) et explorent, nous l'avons vu, des champs d'innovations contrastés (les associations de culture avec légumineuses, la viticulture biologique, l'agroécologie dans le Finistère...). Au cours de l'étude de ce panorama, nous avons découvert l'initiative Atelier Paysan, dont nous avons étudié les 'tournées de recensement d'innovations paysannes'.

Dans ce nouveau chapitre, nous avons choisi d'approfondir l'étude de cette initiative, dont le projet est de stimuler, en ferme, la conception d'outils agricoles pour une agriculture biologique et paysanne, notamment prenant appui sur des études d'outils innovants conçus par des agriculteurs.

L'approfondissement de ce cas nous permet : (i) d'étudier comment une structure de la R&D articule différentes manières d'explorer des pratiques innovantes d'agriculteurs pour stimuler la conception d'outils innovants dans les territoires, et (ii) d'étudier comment, dans le projet de l'agroécologie, l'étude de pratiques innovantes peut stimuler la conception simultanée d'outils et de systèmes de culture.

1. Élément d'introduction : innovation dans le machinisme et agroécologie

Pour bien comprendre les enjeux portés par l'Atelier Paysan, nous proposons, en guise d'introduction, de dresser un panorama des travaux sur l'innovation dans le machinisme agricole aujourd'hui.

Comme le montre l'historien François Sigaut (2012), le machinisme a, de tous temps, joué un rôle majeur dans les transformations de l'agriculture, et l'agroéquipement pour une agriculture durable est aujourd'hui un enjeu d'innovation dans de nombreux pays (ex. Sims et Kienzel., 2015 ; FAO, 2013 ; Pisante et al., 2012 ; Kirui et Braun, 2018) : on s'interroge de plus en plus sur ce que doivent être les outils du futur et les manières de les faire émerger pour soutenir les transitions agricoles actuelles (Bellon et Huyghe, 2017).

Dès 2012, en France, le ministère de l'agriculture identifie l'agroéquipement comme un levier pour la transition agroécologique de l'agriculture : « *Les agroéquipements, pièces indispensables et centrales à la plupart des systèmes de production actuels, doivent être vus comme des leviers de transition vers de nouveaux itinéraires techniques* » (Guillou et al., 2013, annexe 13 – Le projet agro-écologique : Vers des agricultures doublement performantes pour concilier compétitivité et respect de l'environnement). Qu'en est-il en pratique et dans la sphère scientifique ? Quels types d'innovations ont été explorés et sur quels systèmes de conception reposent-ils ?

L'innovation dans ce domaine s'inscrit aujourd'hui, en grande partie, dans la lignée de ce que Mazoyer et Roudard (1997) ont appelé la 'motomécanisation' de l'agriculture, émergeant à la moitié du XX^{ème} siècle dans les pays occidentaux. Ce processus marque l'accroissement de la production industrielle et de l'usage au champ d'outils agricoles mécanisés et motorisés (Byé, 1979). Une requête sur le Web of Science⁴⁰ et le rapport IRSTEA (Bournigal, 2014) « *Définir ensemble le secteur des agroéquipements* », qui fait le point et dresse des perspectives en termes de recherche et d'innovation dans ce secteur, nous permettent de dresser un état des lieux sur ce champ d'innovation.

Le premier constat est que l'innovation est polarisée autour de la conception d'outils intégrant de nouvelles technologies, comme le numérique ou l'intelligence artificielle. Cette tendance s'observe à la fois dans les manifestations publiques dédiées à l'innovation dans le machinisme agricole (ex. **Encadré 16**), dans la présence de plus en plus fréquente dans la littérature scientifique des notions comme 'smart farming' (ex. Wolfert et al., 2017), 'Agriculture 4.0' (ex. Huh et Kim, 2018), 'digital agriculture' ou encore 'agricultural robotics' (ex. Ramin Shamshiri et al., 2018) et dans les orientations prises par des organismes et politiques publiques en soutien à l'innovation agricole (comme les projets « agriculture

⁴⁰ Le 26/08/2018 avec les termes 'agri* machinery', 'agri* equipment', 'farm* machinery', 'agricultural implement', 'agri* mechanization'.

numérique » et « robotique » du Rapport Agriculture-Innovation 2025⁴¹). Les enjeux de conception de ces outils sont l'accroissement de « *la fiabilité, l'efficacité, la précision du matériel* » (Bournigal, 2014, p21) et l'optimisation des actions des agriculteurs (limiter les pertes d'intrants, diminuer les risques au travail, accroître l'ergonomie des outils...). Beaucoup parlent d'outils favorisant l'autonomie des agriculteurs, synonyme ici de réduction du temps de travail ou d'une reconfiguration des tâches de gestion des cultures, en partie prises en charge par des systèmes informatisés. Un exemple historique emblématique est l'agriculture de précision, permettant notamment la gestion de la fertilisation ou des applications de pesticides au champ, par optimisation à l'aide de données spatialisées traitées par voie informatique et recueillies à l'aide de capteurs embarqués sur les outils agricoles (Linblom et al., 2016).

Comme le montre le rapport IRSTEA (Bournigal, 2014), les rares travaux scientifiques engagés sur la question en France s'inscrivent dans cette ligne, et portent avant tout sur l'amélioration des capteurs, notamment l'informatique embarquée pour l'agriculture de précision. Ce rapport et celui de Guillou et al. (2013) soulignent que la conception des outils est aujourd'hui majoritairement portée par des firmes d'agrofourmiture, qui commercialisent des outils brevetés (Fourati-Jamoussi, 2018), destinés à des marchés d'envergure souvent internationale.

« Le paysage industriel se compose désormais de quelques leaders mondiaux, des multinationales avec une ou plusieurs usines de production en France (pour les machines les plus généralistes), d'entreprises de taille moyenne et d'un très grand nombre de très petites entreprises, très liées à des pratiques agricoles spécifiques ou à un marché régional ». (Extrait du rapport Guillou et al. (2013), fiche 14, page 151)

Les outils conçus sont standardisés (Piovan, 2018), pour être utilisés dans les systèmes agricoles 'types' les plus représentatifs du marché solvable, caractérisés par l'utilisation d'intrants chimiques et des parcelles de grande taille (Onwude et al., 2016). Une des études menées pour produire le rapport IRSTEA (Bournigal, 2014) montre que les principaux moteurs de l'innovation sont, pour ces entreprises, « *les demandes des clients et la différenciation avec les concurrents (...) la réduction des coûts de production ou le respect de la réglementation et des normes environnementales* ». De ce point de vue, ce qui est considéré comme 'innovant' est donc ce qui contribue à renouveler l'offre du marché.

Le rapport Agroécologie (Guillou et al., 2013) fait état de la représentation des processus d'innovation dominante dans ce secteur aujourd'hui : « *concevoir puis transférer des solutions technologiques innovantes et adaptées aux enjeux agro écologiques* ». Et dans cette dynamique, l'affaiblissement de l'appareil de R&D et de conseil dédié à ce secteur, décrit par le rapport IRSTEA, pénalise le transfert vers les agriculteurs :

⁴¹ <https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/rapport-agriculture-innovation2025.pdf>

« Le désengagement des EPST⁴² et des instituts techniques agricoles sur le sujet, ainsi que la diminution des ressources humaines en conseil en machinisme, notamment dans les chambres d'agriculture, se traduisent par des lacunes scientifiques et techniques sur certains domaines de l'agroéquipement et mettent en péril le continuum recherche-développement-transfert industriel nécessaire au développement de l'innovation. » (Bournigal, 2014)

Aujourd'hui, dans les articles en agronomie, dédiés à l'appui à la conception de systèmes agricoles (ex. Rapidel et al., 2006), l'outil (lorsqu'il est évoqué) est considéré comme une variable de contingence (au même titre que les intrants), et non comme un objet qui serait lui-même à concevoir. Cet état de fait témoigne du cloisonnement des recherches évoqué par Piovan (2018), entre recherche sur l'outillage/l'agroéquipement d'un côté et recherche en agronomie et agroécologie de l'autre. Dans le projet d'une agroécologisation de l'agriculture, cette fragmentation pose de nouvelles questions : comment des outils standardisés peuvent-ils prendre en charge la diversité des situations d'exercice de l'agriculture ? Comment des outils, conçus hors des fermes, peuvent-ils entrer en cohérence avec des systèmes techniques imaginés en situation ? ...

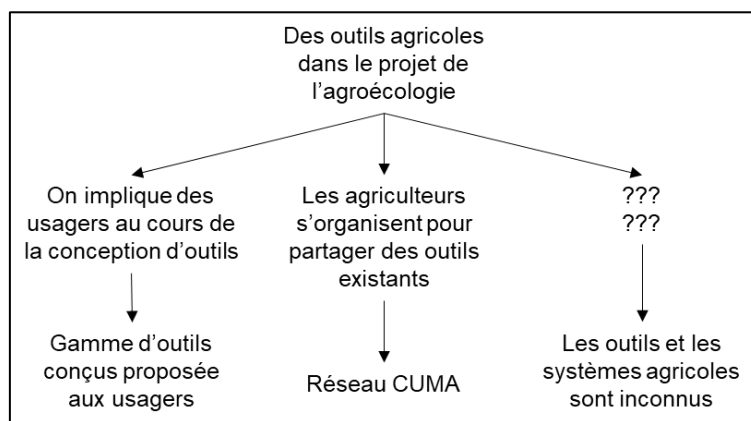


Figure 9. Principales voies empruntées pour la conception d'outils dans le projet de l'agroécologie

Plusieurs autres voies sont évoquées, dans la littérature, comme alternatives à ce modèle dominant et dans lesquelles on cherche à rapprocher la conception des outils de celles des systèmes agricoles dans les fermes, et à chaque fois, on y propose de revisiter le rôle des acteurs impliqués dans les systèmes de conception (Figure 9) :

Dans une première voie, évoquée par Bellon et Huyghe (2017), on insiste sur l'enjeu d'impliquer les agriculteurs-usagers 'en amont' des processus de conception d'outil, afin d'augmenter les chances que la conception rencontre un usage et, inversement, que les usagers soient en mesure d'exprimer leurs besoins.

⁴² Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique.

Une seconde voie s'exprime dans les réseaux CUMA (Coopératives d'Utilisation de Matériel Agricole) : comme le montrent Lucas et Gasselin (2016), la mutualisation des outils favorise l'autonomie décisionnelle des agriculteurs. Ces auteurs mettent en évidence que le partage des outils augmente les capacités adaptatives, réduit les investissements individuels et les risques, et favorise la re-conception des systèmes techniques dans l'action et sur des pas de temps longs, en prenant en charge les incertitudes liées aux réponses des agroécosystèmes (Lucas et Gasselin, 2018 ; Lucas et al., 2018). Dans cette voie, l'outil agricole préexiste et ce sont les modalités de son usage (qui devient collectif, de même que sa propriété) qui sont revisités, notamment en soutien à l'évolution des pratiques.

Enfin, dans une autre voie, bien moins connue, on ne présage pas a priori de 'qui conçoit quoi', mais on interroge les modalités de conception des outils agricoles. On parle par exemple de 'technologies appropriées' (Jolly et al., 2016), et on trouve des questions ou remarques ouvertes qui suggèrent l'enjeu de concevoir des outils adaptés aux systèmes agricoles émergeant en agriculture - comme par exemple : « *Comment concevoir des agroéquipements qui n'existent pas aujourd'hui pour des systèmes agricoles qui n'existent pas non plus ?* » (rapport IRSTEA, Bournigal, 2014), ou « *Another major obstacle is to be found in the lack of interaction between farm machinery designers, on the one hand, and designers of new cultivation and breeding systems, on the other: a joint working between them is urgently needed* » (Bellon et Huyghe, 2017), ou encore « *On peut aussi penser les agro-équipements comme des moyens qui vont au-delà d'une simple réponse aux demandes, car ils favorisent la mise en place de l'agro-écologie* » (Piovan, 2018).

C'est dans cette troisième voie que s'ancre l'initiative Atelier Paysan, que nous avons étudiée dans ce chapitre. Cette structure a pour projet de stimuler, en ferme, la conception d'outils agricoles pour une agriculture biologique et paysanne, un champ de conception qui n'a jusque-là pas fait l'objet de travaux de recherche et développement publics. L'Atelier Paysan organise l'exploration de ce champ en s'appuyant sur l'étude d'outils et de systèmes agricoles innovants conçus en ferme, dans l'optique à la fois d'alimenter la génération de nouvelles prescriptions et de stimuler la conception d'outils en ferme. Ainsi, dans ce chapitre de résultats, en étudiant certaines activités de l'Atelier Paysan – explorant un champ orphelin de travaux de R&D - nous chercherons à mieux comprendre :

Comment l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs stimule-t-elle la conception simultanée d'outils et de systèmes de culture en ferme ?

Dans le paragraphe suivant, nous présenterons brièvement l'Atelier Paysan (§2), puis nous détaillerons la méthode que nous avons suivie dans cette recherche (§3) et nous présenterons les résultats (§4) que nous discuterons dans un dernier paragraphe (§5).

Encadré 16. Extrait du site du ministère de l'agriculture⁴³ (consulté le 12/01/2019)

« SIMA : une agriculture de demain – le 28/02/2017 »

« Le salon international du machinisme agricole [SIMA], qui se tient jusqu'au 2 mars 2017 à Villepinte en Ile-de-France, présente cette année une agriculture de précision hyperconnectée. Au mondial de l'automobile version agricole, certains tracteurs autonomes feraient presque pâlir les Google cars. Stéphane Le Foll s'est rendu au salon le 28 février 2017. »

« Le SIMA, j'y vais pour admirer des grosses machines... Pas pour les acheter ! » s'exclame Thomas, agriculteur dans la Somme, dans une allée du salon. Les agriculteurs sont nombreux à venir déambuler au salon du machinisme agricole, sorte de mondial de l'auto pour les agriculteurs, rêver à ces monstres de technologie et de mécanique. Musiques, lumières avantageuses, spots, toutes les conditions sont rassemblées pour présenter au monde agricole les machines d'aujourd'hui et de demain. Surtout de demain ! Case iH agriculture et son tracteur autonome sans cabine, (les véhicules autonomes ne sont pas encore homologués en Europe), New Holland et son tracteur autonome capable de percevoir et analyser en temps réel l'environnement à l'aide de capteurs, caméras et lidar... »

« De la précision au service de l'environnement

Monstres de précision connectés... Ces tracteurs modulent la pulvérisation des engrais ou des pesticides au mètre carré près en fonction des besoins des plantes analysés par satellite ou par capteurs. A l'intérieur d'une même parcelle, l'agriculteur et son tracteur peuvent aujourd'hui distribuer moins d'intrants dans des zones à moindre rendement. Une économie pour l'homme et pour l'environnement ! »

« « Le SIMA est un bon indicateur des tendances du machinisme agricole », observe Guillaume Bocquet de l'Union des industriels de l'Agroéquipement. « Depuis 2015, le domaine du digital, du big data et des technologies sont en plein boom. Des nouveaux acteurs issus de l'informatique ou de l'analyse de données bousculent le paysage traditionnel du machinisme agricole. Ils proposent des services avec un regard, des savoir-faire et des connaissances nouvelles qui apportent de la valeur ajoutée au monde agricole ».

2. Présentation de l'Atelier Paysan

L'Atelier Paysan se définit comme « *un collectif de paysan-ne-s, de salarié-e-s [16 salariés en 2019⁴⁴] et de structures du développement agricole* » réunis autour du projet collectif « *de réappropriation de savoirs paysans et d'autonomisation [des paysans] dans le domaine des agroéquipements adaptés à l'agriculture biologique* » (site internet de l'Atelier Paysan⁴⁵). Le projet de création de l'Atelier Paysan, par les deux co-gérants actuels, a émergé, en 2009, de plusieurs constats: (i) l'inadaptation des outils du commerce aux spécificités des systèmes agricoles biologiques, leur coût élevé, leur opacité – des outils souvent qualifiés de « boîte noire » - et dont l'entretien ou la réparation requièrent des compétences expertes ; (ii) en contraste, l'existence, dans les fermes, d'une grande variété d'outils qui avaient été conçus par les agriculteurs pour leur permettre de faire évoluer leurs propres pratiques en agriculture biologique, et ces outils, tous auto-construits, offraient de l'autonomie aux agriculteurs dans la réparation, l'entretien, l'adaptation des outils aux aléas, etc. ; (iii) l'invisibilité de

⁴³ <http://agriculture.gouv.fr/sima-une-agriculture-de-demain>

⁴⁴ L'équipe comprend aussi des formateurs occasionnels, des volontaires civiques, des CDD et des stagiaires.

⁴⁵ <https://www.latelierpaysan.org/>

ces outils, circonscrits aux fermes dans lesquelles ils ont vu le jour ; et (iv) le manque de compétences de la majorité des agriculteurs pour à la fois imaginer et fabriquer des outils adaptés à leurs situations.

Un temps sous statut associatif, l'Atelier Paysan est devenu, en 2014, une société coopérative d'intérêt collectif (SCIC). Ce choix statutaire a été retenu par le collectif pour permettre le multi-sociétariat et la formalisation dans les statuts des valeurs communes constitutives du projet collectif, les principales étant : travailler pour une agriculture libre, biologique et paysanne. Son modèle économique repose sur 70% d'autofinancement (formations, marge sur la vente de matériaux, financements privés, etc.), pour rester autonome dans ses choix, et 30% de subvention publique⁴⁶.

Recherche et développement participatif	Diffusion de savoirs paysans
<ul style="list-style-type: none"> - Traque d'innovations paysannes sur les fermes - Accompagnement de groupes à la conception d'outils adaptés - Construction de cahier des charges d'agroéquipements - Modélisation, plans 3D - Prototypage d'outils - Expérimentation - Publication en open source de tutoriels de construction - Animation d'un réseau d'auto-constructeurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Organisation de formations d'auto-construction en atelier - Accompagnement à la conversion du parc matériel au triangle d'attelage - Commandes groupées de matériaux et accessoires - Diffusion du Guide de l'auto-construction : outils pour le maraîchage biologique - Animation d'un site et d'un forum Internet

Tableau 13. Deux principales activités décrites sur le site de l'Atelier Paysan et les sous-activités qu'ils y associent (tableau bâti à partir d'extraits du site internet de l'Atelier Paysan le 12/01/2019)

Pour faire vivre son projet, l'Atelier Paysan organise ses activités autour de deux pôles complémentaires (Tableau 13): (i) la recherche et le développement participatif, qui comprend des activités comme la traque aux innovations paysannes, l'accompagnement de groupes à la conception d'outils adaptés, et l'accompagnement à l'expérimentation, ... et (ii) la diffusion de savoirs paysans, qui comprend des activités comme l'organisation de formations à l'auto-construction d'outils, l'animation d'un site et d'un forum internet, ...

Le projet de l'Atelier Paysan se structure autour de champs de valeur, renouvelant les représentations dominantes relatives à l'innovation dans le machinisme agricole. Parmi ces valeurs – qu'on retrouve dans les statuts de la SCIC - se trouvent '*l'agriculture biologique et paysanne*', synonyme d'une agriculture respectueuse de l'environnement, socialement et économiquement durable et ancrée dans les territoires ; '*l'auto-construction*' comme gage de l'appropriation et de l'adaptation locale des outils, ou

⁴⁶ Financé notamment par le CasDar dans le cadre de l'appui aux ONVAR (Organisme national à Vocation Agricole et Rurale).

encore le *‘libre accès de tous aux outils et aux savoirs’*, à partager pour faire évoluer les pratiques agricoles (statuts de création de la SCIC Atelier Paysan, 2015).

Historiquement plutôt orientée sur les outils agricoles pour le maraichage en AB, la gamme d’outils concernée par les activités de la SCIC s’est progressivement élargie aux systèmes viticoles, à l’élevage, l’arboriculture et la grande culture ; mais aussi aux bâtis et aux outils de transformation de la matière première en ferme.

3. Méthode de recherche : étude intrinsèque d’un cas

Ce chapitre repose sur l’étude intrinsèque d’un cas (cas unique avec plusieurs unités d’analyse, Yin, 2003). Et c’est au travers d’une démarche compréhensive (Dumez, 2013) que nous avons cherché à explorer en profondeur comment, dans une structure particulière de la R&D, s’articulent des activités de conception avec l’étude de pratiques innovantes d’agriculteurs. La collecte des données et leur analyse sont concomitantes et suivent un processus itératif. Nos analyses prennent là encore appui sur les repères heuristiques, en agronomie et sciences de gestion / design science, présentés dans la partie 1.

L’ensemble du matériau qui a été analysé dans ce travail provient de plusieurs sources : (i) au total, 10 entretiens ont été conduits, de Mai 2017 à Décembre 2018, avec 2 salariés et un ancien salarié de l’Atelier Paysan ; (ii) nous avons assisté à des présentations de la structure par des salariés dans des événements publics (ex. colloque ‘Agroecology Europe’ en Novembre 2017) ; (iii) différents documents écrits ont été analysés (compte rendus d’assemblées générale de la SCIC, présentations à des colloques, compte rendus de projets, ...) ; (iv) les résultats écrits de ce travail ont été soumis à deux des personnes enquêtées, leur regard critique a permis d’enrichir, d’amender, corriger, et compléter notre analyse.

Nous présentons, plus spécifiquement, les modalités de recueil et d’analyse des données en trois temps, en relation avec les différents angles de vue que nous avons portés sur ce cas :

1) Dans un premier temps, nous avons porté notre attention sur différentes voies, qu’emprunte l’Atelier Paysan, pour explorer des pratiques innovantes d’agriculteurs et générer des contenus prescriptifs. Notre objectif ici était de rendre compte de la manière dont l’Atelier Paysan articule différentes manières d’explorer ces pratiques innovantes dans l’optique d’alimenter un pool commun de ressources pour la conception d’outils en ferme. Ce travail a donné lieu à l’identification de trois cheminements ‘types’ au travers desquels sont explorés des outils existants conçus en ferme, et à partir desquels est alimentée la génération de contenus prescriptifs (ex. plans de modélisation d’outils). Nous avons analysé deux types de contenus emblématiques⁴⁷ (des écrits) générés à partir de l’étude de pratiques innovantes. Cette

⁴⁷ D’autres contenus ont été produits, plus récemment, à partir de ce qui est appris de pratiques innovantes, et pourraient faire l’objet de travaux ultérieurs.

analyse porte sur des données acquises au cours d'entretiens couplés à de l'analyse de documents. Les premiers résultats de notre analyse de ces 'cheminements types' ont été discutés et enrichis par des échanges avec un salarié de l'Atelier Paysan, et ont donné lieu à une présentation commune avec un salarié au cours d'un colloque⁴⁸.

2) Puisque l'Atelier Paysan explore un champ d'innovation qui n'avait jusqu'alors pas fait l'objet de travaux de R&D, nous avons porté notre attention sur des propriétés d'outils que l'Atelier Paysan contribue à concevoir et à recenser, c'est-à-dire que nous avons cherché à caractériser ce que ces outils sont : ce qu'ils permettent de faire, la manière dont ils sont fabriqués, dans quels contextes, pour quels usages, etc. Nous faisons l'hypothèse que certaines de ces propriétés seraient des marqueurs des spécificités des outils à l'Atelier Paysan (et des processus sous-jacents à leur conception). Compte tenu de la diversité des outils conçus et recensés par l'Atelier Paysan, et de la grande hétérogénéité des informations disponibles sur chaque outil, nous avons choisi de focaliser notre attention sur les outils qui ont été mis en plan par l'Atelier Paysan, c'est-à-dire les outils, quelle que soit leur origine, qui ont été choisis pour être disséminés au-delà de leur(s) concepteur(s) d'origine. Ce choix nous permettait d'avoir accès à un contenu écrit homogène et détaillé sur chaque outil (sur le site de l'Atelier Paysan, et au travers d'autres sources documentaires – compte rendus de réunions, documents de présentation de la SCIC, documents de projets...), et nous assurait de pouvoir échanger sur les différents outils avec des membres de l'Atelier Paysan, puisqu'ils avaient mis en plan chaque outil.

Les données qui ont été analysées sont : (i) les textes et/ou vidéos associés à chaque plan d'outil, (ii) d'autres textes qui se référaient à des propriétés spécifiques des outils (ex. les compte rendus d'assemblée générales de la SCIC), et (iii) les échanges que nous avons eus avec des membres de l'Atelier Paysan, au cours d'entretiens durant lesquels nous avons fait état de notre analyse des propriétés des outils identifiées. Sur ce dernier point, les questions suivantes, par exemple, étaient abordées: « que pensez-vous des propriétés d'outils identifiées : leurs noms, leurs associations à certains outils ? En identifieriez-vous d'autres ? ».

L'analyse individuelle et croisée des données sur 30 outils, a permis par codage (Dumez, 2013), de faire émerger une catégorisation de propriétés des outils recensés/co-conçus par l'Atelier Paysan (leurs procédés de fabrication, leurs morphologies, la / les situation(s) dans la/lesquelles(s) ils ont vocation à être mobilisés pour agir...). C'est ensuite une analyse transversale qui nous a permis de dégager des propriétés communes et originales entre ces outils, en rapport au fait qu'ils ont été conçus en ferme.

3) Enfin, nous avons focalisé notre attention sur l'un des 'cheminements type' (parmi les 3 identifiés) empruntée par l'Atelier Paysan pour explorer des pratiques innovantes d'agriculteurs à savoir le

⁴⁸ Colloque organisé par le Réseau Mixte Technologique et l'Initiative for Design in Agrifood Systems, Novembre 2018. Exposé intitulé - « Un TRIP à l'Atelier Paysan : Recensons des innovations paysannes... » (Templier et Salembier, 2017).

cheminement : « la conception avec les agriculteurs d'outils adaptés en situation ». Notre objectif ici était double : (i) mieux comprendre comment l'étude de pratiques innovantes (quand elles sont en train d'émerger et d'être expérimentées au champ) contribue à stimuler la conception de nouveaux outils en même temps que la génération de prescriptions⁴⁹ et (ii) de comprendre comment se construisent les propriétés des outils que nous avons identifiées dans l'analyse 2). Notre étude s'est portée sur la conception du rouleau Faca Buzuk en systèmes légumiers sous couvert végétal, pour laquelle nous avons accès à un matériau conséquent, à savoir : des supports écrits qui traçaient différents moments du processus (des compte rendus de réunions, des morceaux de récits présents dans des articles, dans des notes), et nous avons la possibilité de mener des entretiens avec des salariés de l'Atelier Paysan qui pouvaient nous fournir des informations sur son déroulement, parce qu'ils y avaient contribué de différentes façons. Les entretiens menés avec 2 salariés ont permis d'explorer les questions suivantes : comment a émergé le processus ? Où ? Qui participait, comment et pourquoi ? Comment a émergé l'outil et se sont progressivement définies ses propriétés au cours du processus ? Quelles connaissances, ressources ont été mobilisées et dans quels contextes ? Quelles ont été les contributions de l'Atelier Paysan au cours du processus et quelles prescriptions avez-vous générées ? Nous précisons ces différentes questions en fonction des informations que nous avons déjà (notamment acquises dans les supports écrits).

C'est en nous appuyant sur les repères heuristiques définis dans la partie « problématique » de la thèse que nous avons conduit notre analyse qui consistait à reconstruire le processus de conception par lequel avait émergé le nouvel outil, et à identifier les contributions de l'étude de pratiques innovantes au cours de ce processus. Nous nous sommes appuyés sur une modélisation CK (Hatchuel et Weil, 2003) - que nous avons adaptée - pour rendre compte de l'émergence progressive, en cohérence, d'un outil et d'un système de culture. Et nous avons chaque fois cherché à rendre compte des moteurs qui induisaient des inflexions dans la définition de l'identité des objets (ex. au cours d'essais au champ, les concepteurs identifient des états du milieu cultivé qui induisent de revisiter la conduite des cultures, la confrontation à une nouvelle situation en ferme implique d'imaginer une autre morphologie de l'outil). Nous avons soumis des résultats intermédiaires de notre analyse indépendamment à deux salariés de l'Atelier Paysan que nous avons enquêtés, afin d'avoir leur retour critique et d'enrichir cette analyse.

⁴⁹ C'est l'une des manières d'étudier des pratiques innovantes que nous avons identifiée dans le chapitre 2 – cas Auto'N ou Réseau Berry par exemple.

4. Résultats

Nous présentons les résultats en trois temps : d'abord (§4.1.) nous montrons comment l'Atelier Paysan articule différentes manières d'explorer des pratiques innovantes d'agriculteurs. Nous détaillons ensuite (§4.2.) quelques propriétés spécifiques des outils à l'Atelier Paysan et, enfin, (§4.3.) nous montrons comment se conçoivent, en situation et de manière coordonnée des outils et des systèmes de culture et, en même temps, des contenus prescriptifs.

4.1. Articuler différentes manières d'explorer des pratiques innovantes d'agriculteurs en soutien à la conception d'outils en ferme

Dans ce premier paragraphe, nous présentons comment l'Atelier Paysan organise le recensement de pratiques innovantes d'agriculteurs pour, notamment, générer des prescriptions et stimuler la conception d'outils en ferme.

☀ **Articuler trois manières d'explorer et de capitaliser sur des pratiques innovantes d'agriculteurs**

Comme nous l'avons évoqué, le projet de l'Atelier Paysan repose sur l'exploration par et avec les agriculteurs d'un champ de conception sur lequel très peu de connaissances ont été produites en libre accès (i.e. non brevetées) et, autour duquel aucune structure nationale n'a jusqu'ici organisé de dynamique collective d'innovation.

En ce sens, l'Atelier Paysan s'est organisé pour **centraliser et enrichir** un pool de connaissances et de savoir-faire partagés autour du machinisme agricole auto-construit pour une agriculture biologique. Cette base de connaissances/savoir-faire commune sert à la fois de substrat à la conception d'outils dans les fermes et à l'animation d'une communauté de concepteurs, peu visible et dispersée dans les territoires. L'outil central, réceptacle de ce pool commun, est la plateforme numérique de l'Atelier Paysan, accessible à tous et partout, et dont les contenus ont été placés sous la licence creative commons depuis 2014 : « *Les savoirs collectifs développés au sein de l'Atelier Paysan sont des biens communs pour l'agriculture biologique, librement diffusables et modifiables. Pas de brevet ! Nous les publions sous licence libre Creative Commons. (...) L'open source est aussi censé accélérer les contributions. Comme tout est ouvert, il n'y a pas de barrière pour s'impliquer dans le processus d'évolution de la machine.* » (Rapport AG, 2015).

Pour alimenter ce pool commun, l'Atelier Paysan articule **trois manières d'explorer des pratiques innovantes d'agriculteurs** (i.e. trois cheminements types) :

1/Contributions spontanées de concepteurs s'identifiant dans le projet de l'Atelier Paysan.

L'Atelier Paysan offre la possibilité, aux contributeurs qui le souhaitent, de mettre en partage le fruit

d'un processus de conception d'outil, individuel ou collectif, qui viendrait enrichir le pool commun de connaissances. En ce sens, les agriculteurs qui ont conçu et auto-construit des outils chez eux peuvent partager ce qu'ils ont appris, soit (i) au travers d'un forum en libre accès sur la plateforme internet, dans lequel il est possible de saisir par écrit le récit de son expérience, des photos, voire des liens internet (**Encadré 17**); soit (ii) en contactant l'Atelier Paysan, pour que son/ses outil(s) soient étudiés pour être partagés avec d'autres. Les membres salariés de l'Atelier Paysan et d'autres acteurs de la R&D sont des contributeurs, qui peuvent aussi abonder, par ces deux voies, le pool commun à partir de ce qu'ils ont appris, notamment au cours de processus de co-conception d'outils (les témoignages issus de la conception du rouleau Faca Buzuk – que nous présenterons §4.3. - sont un exemple de ce type de contributions).

Encadré 17. Extrait d'une contribution d'un agriculteur sur le forum de l'Atelier Paysan⁵⁰



« Bonjour à tous, voici ma dérouleuse plastique construite avec une base de mini cultivateur... elle permet de poser des plastiques de 1 mètre, avec le goutte à goutte sous le paillage [...]. Temps passé dessus, je dirai deux jours environ, mais la réflexion s'est faite dans un laps de temps beaucoup plus long ! J'ai décidé de construire cette dérouleuse car en occasion je n'arrivais pas à en trouver. Pour le prix, que de la récup ! un cadre de cultivateur pour un micro tracteur, bouteilles de gaz, morceau de poteau EDF, barres d'haltère trouvées à la décharge, les deux parties tournantes d'un essieu tordu, il reste à ma charge baguettes de soudure, deux roues de brouette et la peinture => j'ai bricolé un système de freinage, mais je n'en n'ai pas eu besoin, en passant par le tuyau en pvc ça prend pas plus de vitesse que ça ».

2/Traque d'outils conçus localement. Une autre voie est la mise en œuvre, par l'Atelier Paysan, de traques aux outils conçus et auto-construits localement (ce qu'ils appellent les TRIP - *Tournées de Recensement d'Innovations Paysannes*). Ces traques permettent à la fois de faire connaître le projet de l'Atelier Paysan auprès d'acteurs dans les territoires et qui pourraient prendre part à la communauté, et d'alimenter le pool commun de connaissances. Nous avons identifié trois situations différentes, dans lesquelles émerge un travail de traque. Dans certains cas, les traques sont systématiques : elles sont organisées géographiquement dans l'objectif de cartographier, dans un territoire, le plus d'agriculteurs

⁵⁰ <http://forum.latelierpaysan.org/derouleuse-plastique-t2644.html>

ayant conçu des outils qui se rapportent au scope d'exploration de la SCIC. Autrement dit, dans ce cas-là, ce sont les valeurs du projet de l'Atelier Paysan qui filtrent et permettent le repérage de ces pratiques dans les territoires. Le repérage s'opère au travers de réseaux locaux de R&D agricole et, le plus souvent, l'étude de leurs pratiques aboutit à la caractérisation d'outils très variés, émergeant de diverses situations agricoles.

« [critères de repérage des outils] *Des outils auto-construits, par des paysans ou fortement liés au milieu agricole ; dont la réalisation a pour but d'être utilisée dans cadre du travail agricole ; elle a un sens dans le cadre d'une agriculture biologique et paysanne (...) la réalisation a un niveau de connaissance technique facilement accessible ; elle n'a pas de brevet ; il n'est pas nécessaire que cela fonctionne parfaitement ; il n'y a ni réalisation trop complexe ou trop simple ; il n'est pas obligatoire que l'auto construction soit totale* » (extrait du guide méthodologique pour les TRIP, 2016).

Parfois, en revanche, la traque est organisée non pas géographiquement mais thématiquement, et dans ce cas-là c'est un concept d'outil qui oriente les explorations. En effet, dans plusieurs situations, c'est au cours d'un processus de conception, après avoir spécifié un concept d'outil (inconnu et désirable), que l'Atelier Paysan décide de lancer une traque (i.e. que c'est le concept d'outil qui oriente la traque). En cours de conception, l'objectif de cette traque est d'alimenter un état de l'art sur le concept d'outil pour, selon les cas, identifier des alternatives techniques, aider à imaginer de nouvelles fonctions, ou faire des choix de conception en s'appuyant sur les caractéristiques d'outils déjà éprouvés en ferme... Au cours des entretiens avec les agriculteurs, les enquêteurs de l'Atelier Paysan caractérisent la trajectoire de conception des outils repérés, les systèmes de culture avec lesquels il entre en cohérence, les projets de l'agriculteur... Par exemple, c'est au cours de la conception collective d'une 'canne à planter en maraichage sous couvert végétal' qu'a été initiée une traque aux outils conçus en ferme qui s'apparentaient à ce concept, et leur étude a permis d'enrichir les fonctions attendues de la canne (semencier des graines, apporter de l'engrais,...), de diversifier les situations dans lesquelles elle pouvait être mobilisée (plantation sous couvert vivant, mort...), ou encore d'envisager d'autres morphologies de l'outil (avec des mancherons réglables, structure en PVC...).

Enfin, dans un troisième type de situations, le concept d'outil qui guide la traque émerge de nouvelles collaborations. C'est par exemple en collaborant avec le MABD (mouvement de l'agriculture biodynamique) et Demeter (association de contrôle et de certification à la biodynamie) que l'Atelier Paysan a organisé une traque aux 'outils auto-construits pour la biodynamie'.

L'Atelier Paysan a publié, en 2016, un guide pour que la traque aux outils auto-construits pour une agriculture biologique et paysanne puisse être une activité décentralisée et portée par différents acteurs dans les territoires (agriculteurs, acteurs de la R&D). Ce guide a pour objectif de fournir des repères pour détecter, étudier, mettre en commun des expériences sur des outils auto-construits afin qu'ils alimentent le pool commun de connaissances et de concepts.

3/Conception avec les agriculteurs d'outils adaptés en situation. C'est aussi en accompagnant des processus de conception que l'Atelier Paysan explore de nouveaux outils adaptés à des situations locales, et qu'ils capitalisent des connaissances et savoir-faire qui alimentent le pool commun (nous reviendrons sur cette troisième voie en détail dans le § 4.3. de ce chapitre).

☀ **Générer des prescriptions à partir de pratiques innovantes : les témoignages et les plans d'outils**

L'enrichissement, à partir d'outils conçus en ferme, du pool commun de connaissances et savoir-faire contribue à abonder la 'plateforme de ressources' de l'Atelier Paysan (nommée aussi 'boîte à outils', Rapport Assemblée Générale, 2015). En effet, depuis sa création, la structure s'est dotée d'un bagage de ressources pour accompagner, dans la conception d'outils auto-construits, l'autonomisation d'agriculteurs ayant des compétences et des projets variés. Ce bagage de ressources a été enrichi, amélioré, adapté au fil du temps en relation avec la spécification progressive du projet de l'Atelier Paysan, et face aux nouvelles situations que le collectif a rencontrées (ex. de nouveaux types d'outils à modéliser, des agriculteurs qui ne savaient pas où s'approvisionner, des publics variés qui participent aux formations) : « *On identifie au fur et à mesure les manques et les failles du système, les trous qu'il faut boucher* » (extrait d'entretien, 29/05/2017).

Nous détaillons ici deux types de prescriptions écrites, générées et mises en circulation sur la plateforme de l'Atelier Paysan, à partir de ce qui est appris sur des outils conçus en ferme:

Les témoignages. Tous les outils recensés (mis en commun par des agriculteurs, émergeant d'une traque ou d'un processus de co-conception) font l'objet d'un témoignage écrit mis en libre circulation, en ligne, sur le site internet de l'Atelier Paysan. Selon l'origine du témoignage, il peut être rédigé par un agriculteur, un acteur de la R&D ou par l'Atelier Paysan en suivant une trame commune (qui est l'agriculteur ? Qu'a-t-il conçu ? Dans quel contexte ? Qu'a-t-il fait évoluer sur ses outils, dans quelles conditions ?...). Dans tous les cas – comme nous l'avons décrit dans le chapitre 2 – l'enjeu est de faire connaître un outil inédit dans le contexte dans lequel il a été conçu, afin qu'il serve de source d'inspiration et puisse faire l'objet de discussions par le biais du forum : « *Le forum, c'est le brouillon collectif de la structure, c'est pour inspirer et s'inspirer sans que ce soit définitif, on y met tout ce qu'on trouve, on décrit le plus possible pour remettre en contexte et décrire le cheminement de conception si on veut reprendre des choses.* » (Extrait entretien 29/05/2017). Chaque concepteur d'outil recensé est inscrit sur la 'carte des auto-constructeurs', ce qui offre la possibilité, à tout usager curieux, d'en savoir plus sur un outil, d'entrer en contact avec le concepteur.

Les plans d'outils constituent un autre type de contenu clé, généré et mis en circulation par l'Atelier Paysan à partir de ce qui a été appris sur des pratiques d'agriculteurs. Ils sont le fruit d'un travail de conception dédié car ils n'existent pas a priori. Un plan est généré par l'Atelier Paysan (i) dès lors qu'un

collectif d'agriculteurs exprime son intérêt pour un outil existant en ferme (ex. le cas du semoir viticole à engrais vert), ou (ii) que l'Atelier Paysan accompagne un processus de conception d'outils au cours duquel il génère des plans (ex. le cas du rouleau faca buzuk - § 4.3.). Lorsque que le plan se rapporte à un outil conçu par un agriculteur dans sa situation, l'Atelier Paysan interroge celui-ci sur les améliorations qu'il souhaiterait apporter à l'outil, pour les prendre en compte dans la réalisation des plans. Le passage de ce qui a été appris sur l'outil en ferme au plan d'outil décontextualisé s'appuie sur l'acquisition de connaissances (expertises sur l'ingénierie de la conception d'outil, état de l'art d'outils aux propriétés proches...) et respecte plusieurs critères (qui agissent comme des filtres pour orienter la génération du plan) : (i) les plans doivent pouvoir être utilisés individuellement par un agriculteur, mais également au cours de formations à l'auto-construction organisées par l'Atelier Paysan ; (ii) les outils doivent être reproductibles à partir de matériaux disponibles dans le commerce ; (iii) l'outil en plan doit rester au moins aussi efficace agronomiquement que l'outil d'origine ; (iv) le prix de l'outil doit être accessible ; et (v) il doit être reproductible avec des outils de base de la métallurgie, présents dans de nombreuses fermes et faciles d'accès (ex. perceuse, meuleuse, poste à souder à l'arc)⁵¹. Ce processus aboutit à la génération de modélisations 3D d'éclatés d'outils, produits à l'aide d'un logiciel de Conception Assistée par Informatique (solid-works). Une spécificité de ces plans est qu'ils ont été imaginés pour prendre en compte l'évolution des outils, au fil de la confrontation à de nouvelles situations : on trouve ainsi souvent plusieurs versions des plans adaptés à différents contextes ou projets d'agriculteurs.

Les témoignages et les plans contribuent à **enrichir les représentations collectives** de ce que peuvent être des outils auto-construits pour une agriculture biologique et paysanne (chacun ajoute de nouvelles fonctions, de nouvelles situations, de nouvelles options techniques, etc.) : ils contribuent, de ce fait, à enrichir l'état de l'art mobilisable au moment d'envisager la conception d'un nouvel outil, et à fournir des concepts et des voies d'exploration sur ce que pourraient être de futurs outils. Pour permettre à un usager de ces ressources de circuler dans le pool commun disponible sur la plateforme internet, l'Atelier Paysan propose plusieurs niveaux de structuration des connaissances : les outils sont parfois classés (i) en fonction des techniques culturales qu'ils permettent de mettre en œuvre (ex. les couverts végétaux), (ii) parfois, en fonction des modèles de production dans lesquels ils s'insèrent (ex. la biodynamie), (iii) en fonction du degré de généralité des connaissances mises à disposition (les témoignages se trouvent sur le forum, les plans décontextualisés sur un onglet du site internet), ou encore, parfois, (iv) en fonction des preuves qui ont été acquises sur l'outil : on trouve ainsi plusieurs versions d'outils, dont certains ont le statut « *en cours de R&D* » alors que d'autres sont étiquetés « *plans et tutoriels validés collectivement* ».

⁵¹ Les salariés de l'Atelier Paysan sont parfois critiques sur ce processus, puisque dans certains cas, la montée en généralité sur un outil à partir de ces différents critères conduit à le complexifier, en rapport à ce qu'il était en ferme.

Les témoignages et les plans d'outils peuvent ainsi être mobilisés et évoluer au cours de processus de conception (cf. paragraphe 4.3.), et au cours de formations destinées à accompagner la montée en compétence 'par l'action' des agriculteurs vers une autonomisation dans la conception d'outils et dans l'usage des ressources mises à disposition sur la plateforme : on trouve des formations pour imaginer et fabriquer ses propres outils, pour lire des plans, pour apprendre à maîtriser des bases en électronique (sous arduino⁵²), pour tester un outil dans sa situation de production...

4.2. Des propriétés communes aux outils de l'Atelier Paysan

L'étude d'une gamme d'outils nous a permis de dégager des propriétés communes aux outils conçus et recensés à l'Atelier Paysan, qui constituent des marqueurs 'd'outils désirables' dans les processus de conception qui ont présidé leur émergence. Ces outils ont été conçus pour être '**adaptés à des situations particulières**' (i.e. c'est la situation de l'agriculteur-concepteur⁵³ qui oriente la conception de l'outil : son projet, les caractéristiques biophysiques du milieu cultivé, sa conduite des cultures,...) et les outils sont '**adaptables à d'autres situations**' que celles qui les ont vu émerger (i.e. l'outil est conçu pour évoluer, être transformé,...).

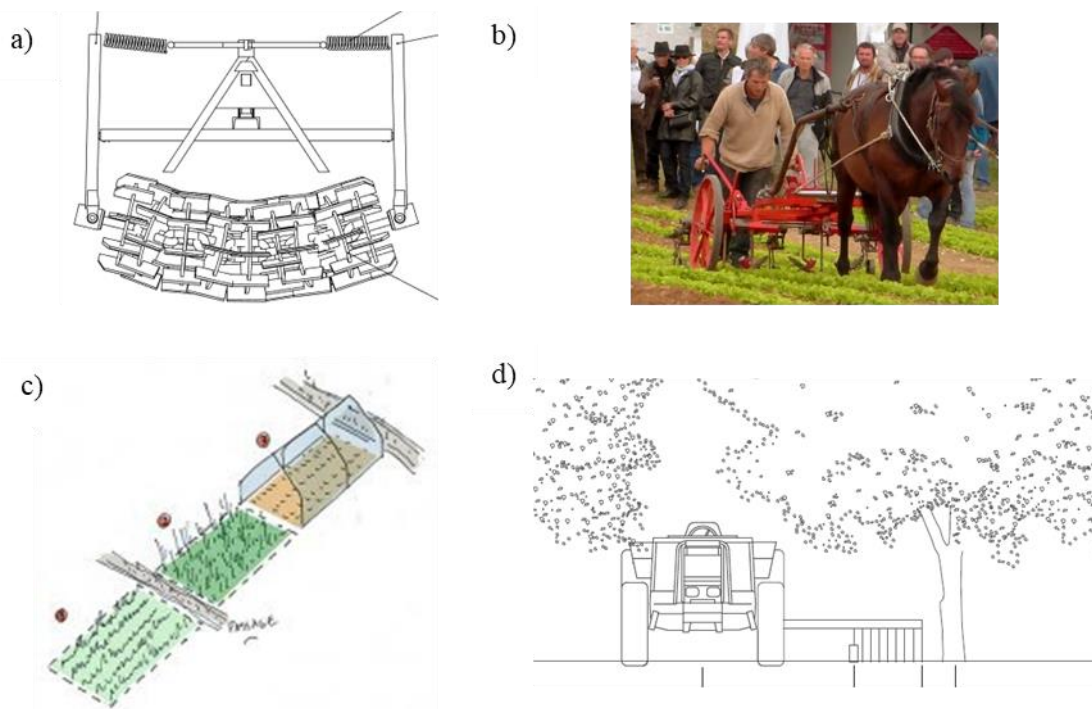


Figure 10. Illustrations a) d'un rolofex, b) d'un néobucher, c) d'une serre amovible, d) d'un outil sandwich (d'après : <https://www.latelierpaysan.org/>)

⁵² Marque que portent des cartes électroniques en open-source sur lesquelles se trouvent des microcontrôleurs.

⁵³ Ou les situations de différents agriculteurs dans un collectif.

☀ **Des outils adaptés à des situations particulières d'agriculteurs**

D'abord, en contraste avec la logique de standardisation des outils dans le commerce, les outils recensés ou co-conçus par l'Atelier Paysan ont été pensés pour agir dans des **situations particulières dans lesquelles se trouvent des agriculteurs**. C'est-à-dire qu'ils ont été conçus : en cohérence avec des systèmes de culture particuliers, pour permettre d'agir dans un environnement biophysique singulier et/ou encore pour prendre en compte les dynamiques d'évolution du milieu cultivé.

Certains outils ont été conçus en cohérence avec des systèmes de culture particuliers, qui ont été conçus en même temps que l'outil et sont souvent marginaux, peu répandus. Certains systèmes impliquent de (i) reconfigurer l'architecture et l'agencement des espèces cultivées, dans les parcelles, et donc de revisiter les modalités de réalisation de certaines actions au champ. C'est le cas de l'agroforesterie, associant des espèces cultivées annuelles et des espèces arborées pérennes sur une même parcelle : l'outil « sandwich » (photo d, Figure 10) a été conçu pour permettre de travailler le sol dans cette configuration. On peut aussi citer le cas des systèmes en planche permanente, qui impliquent de cultiver sur buttes, et pour lesquels a été imaginé le cultibutte (pour un travail du sol sur buttes) ou la dérouleuse à plastique (pour pailler le sol avant plantation en vue d'éviter le développement des adventices et conserver l'humidité du sol). D'autres systèmes (ii) limitent le recours aux engins mécaniques, par exemple en ayant recours à la traction animale, une pratique aujourd'hui marginale, pour laquelle ont été conçus le « néo-bucher » (photo c, Figure 10) ou la « bineuse néo-planet » permettant de travailler le sol. (iii) On trouve aussi des systèmes de culture reposant sur la culture d'espèces de diversification peu connues et rares dans les territoires, et pour lesquels ont été conçus des outils dédiés comme « la bineuse à Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales » ou la « bineuse à tabac ».

Certains outils ont été conçus pour permettre d'agir dans un environnement biophysique singulier, qui parfois (i) se rapporte aux spécificités du territoire dans lequel se situe l'exploitation. Par exemple, le dahu est un outil qui a été conçu pour travailler le sol dans des vignes en dévers, alors que beaucoup de surfaces viticoles en France sont planes ou peu pentues :

« Les deux paires de disques sont orientables indépendamment, pour diriger la terre là où nécessaire, en fonction du dévers, pour éviter la descente de terre (risque d'érosion) ; les étoiles de boudibinage (qui, par rotation, permettent la gestion de l'enherbement au plus près des plants), sont montées sur trois axes réglables en orientation et en rigidité grâce à des ressorts permettant notamment de s'adapter à la topographie du terrain ; la roue de jauge arrière est équipée d'un grand disque servant de "safran" pour maintenir le Dahu dans le milieu de l'allée, malgré les dévers et la poussée des disques. »
(<https://www.latelierpaysan.org/>)

Dans d'autres cas, (ii) l'outil a été pensé pour s'adapter, au cours de l'action, à des milieux hétérogènes. C'est le cas par exemple du roloflex⁵⁴ ou du rolo faca béton⁵⁵, qui, en systèmes maraichers et viticoles, sont en mesure de s'adapter aux aspérités et irrégularités du terrain sur lesquels ils sont utilisés.

Certains outils ont été conçus pour prendre en compte les dynamiques d'évolution du milieu cultivé, parfois peu prédictibles, notamment en agriculture biologique. Les serres mobiles (photo b, Figure 10) par exemple – en contraste avec les serres fixées au sol inamovibles - ont été conçues pour pouvoir être déplacées dans l'espace, et ainsi « *ne pas surexploiter une seule parcelle sous tunnel fixe* ». Ces serres mobiles contribuent, par leur déplacement, à « *l'anticipation/ la prolongation des cultures et la régénération du sol* ».



Figure 11. Illustrations a) d'un triangle d'attelage, b) d'un dessin de houe maraichère, c) d'une barre porte outils (d'après : <https://www.latelierpaysan.org/>).

☀ Des outils adaptables à différentes situations

L'ensemble de ces outils ont en commun d'être **adaptables**, c'est-à-dire qu'ils peuvent au moins en partie être transformés, modelés pour s'inscrire dans d'autres situations que celles dans lesquelles ils ont émergé : à la fois les situations d'autres agriculteurs que celle du concepteur, mais aussi adaptables aux évolutions de la situation d'un agriculteur (qui renouvelle ses projets, qui rencontre des aléas et fait évoluer ses pratiques...). Comment cette adaptabilité s'exprime-t-elle :

Certains outils sont des « **briques génériques** » d'outils plus complexes, c'est-à-dire qu'ils sont des morceaux d'outils qui peuvent être ajoutés sur un autre pour remplir une fonction particulière. C'est par exemple le cas du triangle d'attelage (Figure 11, a)), ou de la roue de jauge à manivelle, qui permet « *d'avoir un réglage précis de la profondeur de travail de l'outil* », ou des étoiles de binage qui peuvent

⁵⁴ Le roloflex « permet d'écraser un engrais vert même si le terrain n'est pas nivelé [retrait de travaux du sol], ce qui serait nécessaire avec un rouleau rigide classique. » (Extrait <https://www.latelierpaysan.org/>).

⁵⁵ Le rouleau Faca béton « adapté aux terrains faiblement pentus des vignes mécanisables » pour coucher des couverts végétaux ». (Extrait <https://www.latelierpaysan.org/>).

être ajoutées comme ‘accessoires’ sur d’autres outils pour travailler le sol à des endroits précis. C’est le cas, aussi, de la barre porte outil (Figure 11, c)), qui a été conçue pour être accessoirisée, dans le sens où elle sert de support de base pour d’autres outils comme par exemple un strip till, une bineuse...

Tous ces outils ont été **auto-construits en ferme** (i.e. construits par un agriculteur, chez lui), et ils reposent sur des procédés de fabrication simples, aisément reproductibles. Ces outils sont de ce fait facilement décomposables, ils requièrent généralement une faible technicité pour leur entretien, leur réparation et leur construction, et, pour les auto-construire, certains agriculteurs ont mis au point des procédés de fabrication originaux, souvent simples et économiques, et surtout, adaptés à la fabrication en ferme. Par exemple, le rouleau faca « béton », conçu pour maîtriser la végétation entre les rangs de vigne, présente un procédé de fabrication simple et aisément reproductible: « *Chaque petit rouleau est lesté par du béton, grâce à un coffrage intégré durant sa fabrication, permettant d’augmenter d’un tiers le poids de la roue, car elle ne peut compter que sur sa masse propre pour agir sur la végétation à maîtriser* ». Ces propriétés favorisent (i) l’adaptation des outils à de nouvelles situations (chez un agriculteur dont le milieu cultivé et les projets évoluent, ou chez d’autres agriculteurs), (ii) l’autonomisation dans leur reproduction, et (iii) les apprentissages (le coût du changement est faible, on sait faire évoluer l’outil soi-même...). Alors que les outils agricoles standards sont majoritairement construits à partir de matériel neuf, en suivant des standards de forme et de types de matériaux employés, les outils mis en commun par l’Atelier Paysan sont, pour beaucoup, constitués de matériel de récupération, favorisant le recyclage, la construction à bas coût et l’adaptation de l’outil dans le temps. Par exemple, concernant une houe maraichère (figure 3.2., b):

« *la construction de cet outil est simplissime, deux bras de brouette récupérés à la déchèterie, 4 petites soudures pour les attacher ensemble, deux autres soudures pour le tube dans lequel s’enfile le manche, des trous pour installer une roue de vélo (également venue de la déchèterie), et d’autres trous qui permettent de mettre les vis, qui maintiennent le manche de l’outil en place* » (Extrait du forum de l’Atelier Paysan) .

4.3. Conception simultanée d’un outil et d’un système de culture : le cas du rouleau Faca Buzuk en systèmes légumiers

Dans ce dernier paragraphe, nous entrons plus en profondeur sur des relations entre ‘étude de pratiques innovantes’ et ‘activités de conception’ à l’Atelier Paysan. Nous nous focalisons ici sur la troisième manière d’explorer des pratiques innovantes d’agriculteurs (§ 4.1. - Conception avec les agriculteurs d’outils adaptés en situation), pour rendre compte de la façon dont la réalisation de l’étude de pratiques au cours de leur émergence, contribue à stimuler la conception conjointe d’outils et de systèmes de culture, en même temps que la conception de contenus prescriptifs. Ce paragraphe nous permettra aussi de rendre compte de la manière dont se construit l’adaptabilité des outils (propriété commune aux outils à l’Atelier Paysan présentée dans le § 4.2.).

Nous détaillons ici comment s'articulent 'étude de pratiques innovantes' et 'activités de conception', sur le cas du projet Buzuk, auquel a participé l'Atelier Paysan. Notre présentation décline, par construction, plusieurs 'phases' du processus qui, au cours de leur réalisation, ont parfois fait l'objet d'itérations. On présente successivement : 1) le contexte d'initiation du projet Buzuk, 2) une première phase ou cours de laquelle émerge un concept couplant 'un système de culture et un outil' puis 3) une seconde phase au cours de laquelle se poursuit la conception du couple 'outil-systèmes de culture' par confrontation à une diversité de situations (au travers d'expérimentations) – c'est au cours de ces trois phases que s'exprime l'étude de pratiques d'agriculteurs, en amont et au cours de l'action en situation.

☀ **Contexte d'initiation du processus de conception : le projet Buzuk**

Le processus de conception que nous détaillons ici s'inscrit dans le projet Buzuk (vers de terre en breton), financé par la région Bretagne, d'octobre 2014 à octobre 2017. Ce projet, initié par un membre de l'Atelier Paysan au moment de l'installation de l'antenne Grand Ouest de la structure, rassemble des acteurs engagés dans le développement de pratiques innovantes en cultures légumières biologiques : un collectif de 7 agriculteurs du Finistère, des membres de l'enseignement agricole (CFPPA de Kerliver) et des techniciens du réseau de développement et d'expérimentation en agriculture biologique (GAB29). Alors que l'Atelier Paysan s'installait en Bretagne, l'appel à financement pour ce projet s'est présenté comme une opportunité pour structurer localement une dynamique de conception de nouveaux outils et fédérer un collectif.

En relation avec les systèmes de production des agriculteurs, leurs compétences et les enjeux de transformation poursuivis par chacun, les partenaires du projet se sont retrouvés autour des objectifs suivants : (i) travailler en cultures légumières, classiquement très intensive (plusieurs cultures par an, travail du sol fréquent, etc.) ; (ii) explorer des voies d'amélioration de la fertilité des sols ; (iii) réduire le temps nécessaire à la conduite des cultures et les besoins en intrants (notamment carburants, paillage plastique) (Réponse à l'Appel à Projet 2014).

Comme dans tous les projets de conception dans lesquels s'engage l'Atelier Paysan, un enjeu est que les partenaires portent des expertises complémentaires : l'Atelier Paysan apportant avant tout des expériences et des compétences en machinisme (conception, construction...) et les partenaires locaux avant tout des expériences sur les systèmes agricoles en évolution dans les territoires concernés (conduites de cultures, spécificités des terroirs...). Ces différentes expertises permettent d'envisager la conception en cohérence d'outils agricoles et de systèmes de culture et cette spécificité se retrouve dans le cas du projet Buzuk, où les partenaires portent des expertises complémentaires à la fois en machinisme et sur la culture en système de production légumiers dans le Finistère⁵⁶.

⁵⁶ Portée par les agriculteurs, l'Atelier Paysan, le GAB29, le CFPPA.

☀ **Première phase : faire émerger un concept couplant ‘un système de culture et un outil’**

Nous détaillons ici, en trois temps, la manière dont a progressivement été spécifié un concept couplant ‘un système de culture et un outil’, d’abord en construisant, au sein du collectif, une visée commune pour l’évolution des pratiques, qui se concrétise ensuite en l’émergence d’un projet couplant un système de culture et un outil innovant.

Définir une visée commune pour l’évolution des pratiques. Très vite, compte tenu des enjeux de transformation visés par chacun, le collectif s’est intéressé aux concepts de ‘maraichage sur sol vivant’, d’agriculture de conservation’, de ‘culture sous couvert’. Au même moment, différentes initiatives, connues des partenaires, fleurissaient en France sur ces questions : par exemple, dans la Drôme, l’Atelier Paysan accompagnait des agriculteurs dans la conception de systèmes en planches permanentes, dans le Sud-Ouest l’association « Maraichage sur sol vivant » menait différents essais de culture sous couvert, ou encore dans l’Est de la France, un projet venait de voir le jour, dans un lycée agricole, sur la thématique de la production de légumes sous couverts. Dans l’optique de stimuler les explorations collectives et de guider leurs choix de conception, dès l’initiation du projet, les partenaires ont organisé un système de veille sur des thématiques d’intérêt relatives aux concepts précédents. Cette veille était, au départ, très ouverte, puisque ni les systèmes ni les outils n’étaient définis *a priori*.

« Retour sur les essais BRF [bois raméal fragmenté] à la station expérimentale de Kerplouz ; sur les rencontres « Maraichage sur sol vivant » ; présentation d’une méthode utilisée pour remettre « en vie » le sol avant de cultiver ; retour sur les rencontres Techniques Culturelles Simplifiées ... » (Extraits de compte-rendu de réunions, au cours du projet Buzuk).

L’une des pistes que le collectif a choisi d’explorer – et que nous proposons de détailler ici – visait à concevoir des modalités de gestion des couverts végétaux revisitant celles qui sont plus classiquement pratiquées par les agriculteurs, gourmandes en temps de travail et considérées comme pénalisant la fertilité du sol (plusieurs passages d’outils rotatifs pour broyer les parties aériennes et souterraines du couvert, passage d’outils pour l’enfouir, puis pour niveler le sol...). Dans cette direction, en relation avec l’expertise, les sensibilités et les attendus du collectif, les partenaires ont choisi d’imaginer et mettre en œuvre des systèmes de culture et des outils qui permettraient : (i) l’implantation d’un couvert végétal, (ii) le semis-direct de la culture suivante, et, chez certains agriculteurs, (iii) la culture en planches permanentes. La combinaison de ces choix visait particulièrement l’amélioration de la fertilité des sols, et la libération du temps de travail (voir **Encadré 18** pour quelques repères sur ces techniques).

Encadré 18. Quelques repères⁵⁷ sur les techniques : implantation de couverts végétaux, semis direct et culture en planches permanentes

« L'expression « couvert végétal » fait référence à la notion de protection des sols. La couverture du sol permet de lutter contre la battance, le ruissellement et l'érosion. Cette protection est particulièrement utile, voire nécessaire, en intercultures longues, chaque fois que l'on sème une culture de printemps tardivement (ex maïs) après une culture qui libère le champ tôt en été (MAILLARD et VEZ, 2002). Ces couverts en interculture offrent également un habitat à la faune (micro-faune et macro-faune dont le gibier), en lui apportant nourriture et protection. » (Extrait de ADEME, 2007)

« Le travail du sol superficiel La suppression totale du travail du sol en AB reste difficile du fait de la concurrence exercée par le développement incontrôlé des adventices (Drinkwater et al., 2000). Afin de limiter cette concurrence, de nouvelles techniques d'implantation des cultures dans un couvert végétal permanent vivant (semis direct sous couvert végétal ou SCV) se sont développées, notamment au Brésil (Labreuche et al., 2007). Ces systèmes permettent de réduire la compétition des adventices et, si le couvert végétal est une légumineuse, la compétition pour les ressources azotées (Hiltbrunner et al., 2007). Ces aspects sont particulièrement intéressants en AB où la concurrence des adventices et la disponibilité de l'azote sont les principaux facteurs limitants du rendement des cultures (Berry et al., 2002). » (Extrait de Vian, 2009)

« Le semis direct est une technique d'implantation des cultures qui repose sur un travail du sol localisé sur la ligne de semis, sans travail en profondeur. La semence est positionnée par les éléments semeurs dans un sol non travaillé. Le travail du sol, toujours localisé sur la ligne de semis, peut avoir une profondeur maximale allant de 2-3 à 10 cm. L'action mécanique indispensable au placement des semences est effectuée le plus souvent par des semoirs équipés de disques, plus rarement de socs ou de dents semeuses. En France, la pratique du semis direct au sens strict du terme existe peu. (...) Les semences sont ensuite recouvertes par le mulch de pailles.» (Extrait de ADEME, 2007)

« La technique des 'Planches permanentes', développée par Wenz et Mussler (Deveyer et al., 2001), offre de nouvelles perspectives en proposant un itinéraire de travail du sol moins agressif : suppression du labour, passages de roues permanents et utilisation privilégiée d'outils non rotatifs. » (Extrait de Védie et al., 2009)

« Les quatre principes de base sont : passages des roues toujours au même endroit ; zones de passages des roues non travaillées, ou seulement très superficiellement ; utilisation préférentielle d'outils à dents ; formation et maintien de la butte avec des disques et/ou des déflecteurs. » (Extraits d'AdaBio, 2012)

⁵⁷ Ces quelques repères sont ceux que nous proposons au lecteur – non exhaustifs – pour comprendre ce dont nous parlons, ce ne sont pas les connaissances formalisées par le collectif du projet Buzuk.

Définir un projet de système de culture désirable. Le collectif avait peu de références (littératures grise et scientifique) sur chacune de ces trois techniques, qui avaient été peu étudiées par la R&D agricole et d'autant moins en culture légumière (couvert végétal, semis-direct, culture en planches permanentes) ; ces références étaient lacunaires à la fois sur chaque technique prise indépendamment et sur leur combinaison. Les partenaires avaient des connaissances sur le type de processus agronomiques sous-jacents à la mise en œuvre de chaque technique (ex. le semis direct limite les perturbations du sol, favorisant ainsi l'activité biologique des sols), mais les modalités concrètes de leur mise en action étaient méconnues, d'autant plus dans les conditions du Finistère. Au cours de l'exploration de ce qui pouvait être fait, les questions suivantes ont été collectivement soulevées : quelles espèces associer dans le couvert, adaptées aux conditions du Finistère, et comment s'approvisionner en semences ? Quel « plan B » si le couvert ne prend pas ? Comment conduire un couvert sur des planches permanentes, en fonction de la saison ? Quels outils utiliser pour permettre un semis direct de la culture suivante ? Comment le choix du couvert peut-il jouer sur le semis-direct et le développement de la culture suivante ? Quels risques ? Quels débouchés locaux de différentes espèces ?... Au cours des échanges, la part d'inconnu était d'autant plus grande que ces questions devaient être appréhendées dans la situation spécifique de chaque exploitation. Les explorations collectives et l'acquisition de connaissances nouvelles ont abouti à la formulation de principes d'action généraux (pour la conduite des cultures ou l'insertion des couverts végétaux dans les rotations), partagés par les agriculteurs, qui seront adaptés en fonction de leurs situations. L'extrait ci-dessous en présente quelques exemples :

«(...) Implantation en Mai de salade, haricot indus, courge sur les engrais verts déjà semés ; Implantation d'un couvert printanier pour plantation en aout. Engrais vert : probablement Sarrazin (...) Arthur se renseigne sur une légumineuse qui est adaptée pour l'engrais vert d'été : la crotalaire (prix semence, date de montée à graine pour une implantation mi-mai début juin...). (...)

Problématique des légumes récoltés à l'automne qui ne permettent pas d'implanter un engrais vert suffisamment tôt. Difficulté d'alterner engrais vert d'hiver et engrais vert d'été : si on implante une culture après un engrais vert d'été, il sera impossible d'implanter un engrais vert d'hiver. (...) »

(...) Des observations laissent penser que le fait d'augmenter le nombre de variétés au sein d'un EV permet un meilleur développement de chacune des espèces de l'EV. » « Le choix de l'espèce n'est pas suffisant, selon les variétés, ça ne réagit pas de la même manière, mais également selon les régions. Une dynamique est bien avancée sur ce sujet dans le Périgord avec des reproductions de variétés anciennes. Voir à contacter Emmanuel Marseille (...). N'y aurait-il pas tout de même des espèces gélives dans nos contrées (Sorgho..)? » (Extraits de compte rendus des réunions au cours du projet Buzuk).

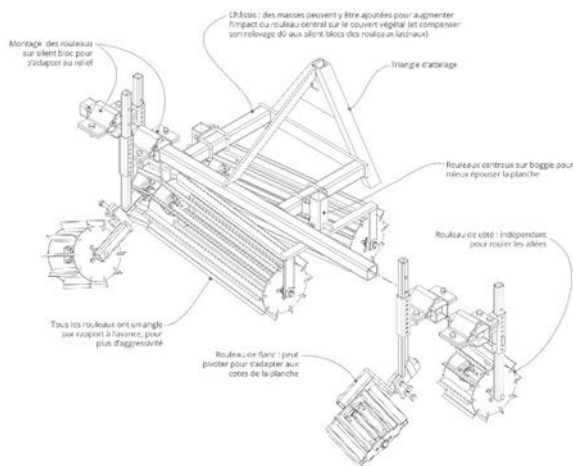


Figure 12. Illustrations de la version 2 du Rolo Faca Buzuk a) plan de l'outil réalisé par Conception Assistée par Ordinateur avec le logiciel solid works, b) photo de l'outil construit (d'après : <https://www.latelierpaysan.org/>)

Définir un projet d'outil désirable. L'exploration a, en même temps, porté sur l'outillage : chaque fois qu'une action était envisagée, les partenaires se demandaient : quels outils existent pour la mettre en œuvre ? Quelles actions imaginées impliqueraient un nouvel outil ? Le collectif a, par exemple, rapidement identifié que la mise en place des planches permanentes et leur entretien pouvaient être réalisés à l'aide d'outils que l'Atelier Paysan avait déjà contribué à concevoir dans d'autres régions (les outils cultibutte et roloplanche). En revanche, il restait une énigme sur les outils permettant de coucher le couvert végétal⁵⁸ avant un semis direct et sur butte. Le collectif avait connaissance d'outils adaptés aux systèmes en grande culture (céréales, oléagineux ; sur de grandes surfaces cultivées) mais inappropriés pour travailler en planches permanentes (sur buttes). Le concept a alors émergé d'un outil qui permet de coucher les couverts en planche permanente, afin de permettre un semis direct de la culture suivante. Les spécificités du rouleau Faca, un outil existant, principalement utilisé en grande culture, ont été retenues. Cet outil, constitué d'un rouleau central sur lequel se trouvent des lames positionnées à l'horizontale permet de coucher les plantes et de les blesser afin qu'elles dépérissent au sol. L'enjeu pour le collectif était que le couvert soit assez blessé (pas de reprise de végétation après le passage du rouleau Faca), et que les plantes cassées restent en place, pour bien couvrir le sol, afin de limiter la croissance des adventices dans la culture qui suit. Plusieurs options ont été envisagées, au cours de l'exploration des propriétés que pouvait avoir ce nouvel outil, et le processus a abouti à une première proposition (baptisée rouleau Faca Buzuk), qui a été mise en plans par l'Atelier Paysan (à l'aide d'un

⁵⁸ Généralement, les couverts végétaux implantés en interculture sont broyés et incorporés au sol. L'enjeu de coucher le couvert est de maintenir une couverture du sol (qui peut limiter l'érosion, le développement d'adventices, ...) et dans laquelle l'espèce cultivée suivante pourra être implantée en 'semis direct'.

logiciel de conception assistée par informatique). Après avoir été amendée à plusieurs reprises cette proposition fut validée collectivement (la Figure 12 présente des plans de l'outil):

« La grosse difficulté dans le rouleau Faca est de passer sur les flancs de la butte. (...) Le haut de la planche est traité avec des rouleaux fixes. Sur les 2 options envisagées, c'est celle avec le petit rouleau au centre qui est préférée, pour son meilleur équilibrage. (...) En discutant avec Joseph ce matin, nous nous sommes dit qu'il serait peut-être préférable de pouvoir régler la hauteur des rouleaux des cotés mais que ce soit fixe (...) et il m'a parlé des systèmes, parfois utilisés avec les doigts Cress, utilisant du caoutchouc (...) A voir après essai le risque de bourrage dans les axes des rouleaux (...) Possibilité de mettre tous les rouleaux au même niveau (...) Prévoir un anneau pour mettre une chaîne sur les rouleaux flancs ; prévoir un point de levage (anneau ou de quoi passer des doigts de fourches) » (extraits de CR de réunions du projet Buzuk).

A la suite de ces échanges, les principes d'action de l'outil étaient définis, mais de nombreux inconnus subsistaient concernant son comportement dans diverses situations et en interaction avec le système de culture imaginé (espèces cultivées, dates de passages...).

☀ Deuxième phase - poursuite de la conception du couple 'outil-systèmes de culture' par l'étude de pratiques au travers d'expérimentations en situations

C'est au cours de cette phase que s'opère l'étude de pratiques innovantes 'au cours de leur mise en œuvre' et ce travail alimente l'activité de conception. Autrement dit, c'est au cours d'expérimentations dans les champs des agriculteurs - où sont mis en œuvre conjointement les systèmes de culture et l'outil imaginé - que l'Atelier Paysan et le collectif engagé produisent une analyse sur les interactions entre le comportement de l'outil, les évolutions du milieu cultivé et les systèmes de culture mis en œuvre. Et ce sont ces analyses (production d'une intelligibilité, d'un jugement...) qui conduisent les partenaires à aller chercher de nouvelles connaissances et à poursuivre la conception conjointe de l'outil et du système de culture. Nous détaillons ici des traits de ce processus.

D'abord, c'est à partir d'une première version des plans validés que deux premiers prototypes de l'outil ont été fabriqués au cours de chantiers collectifs accompagnés par l'Atelier Paysan. Ces chantiers ont été l'occasion, pour les agriculteurs, de se familiariser avec la fabrication de tels outils, au travers du maniement des outils de base de la métallurgie, et en s'appropriant les spécificités du rouleau Faca Buzuk. Ce type de chantier a été réitéré chaque fois qu'une modification devait être apportée à l'outil, et en même temps, les plans étaient modifiés en conséquence (donnant lieu à plusieurs versions, adaptées à différentes situations).

C'est ensuite au travers d'expérimentations que s'est poursuivie la conception du couple outil-système de culture (mais aussi que les agriculteurs se sont appropriés ces objets). Ces tests ont été réalisés dans des milieux cultivés différents (ex. sols aux textures variées ou différents précédents culturels ou

suivants envisagés). Leur mise en œuvre était observée par plusieurs partenaires impliqués dans le projet, qui produisaient ensemble une intelligibilité et des jugements sur la situation. Nous rendons compte de ces analyses en montrant la façon dont, au cours des tests, ils ont progressivement acquis à la fois (i) des **repères sur les conditions de réalisation et d'efficacité des actions** (ex. dans quels états du milieu est-il préférable d'employer l'outil ?), et (ii) des **repères sur les états du milieu souhaités** pour les agriculteurs, autrement dit les états qui permettent de juger si l'action réalisée a été satisfaisante. Nous montrons en suivant que ce sont ces repères, issus de l'analyse collective des pratiques, qui contribuent à la conception progressive du couple outil-système de culture.

La Figure 13 présente, de manière chronologique, des exemples de la façon dont ces tests, dans différentes situations, ont contribué à concevoir en cohérence l'outil et le système de culture.

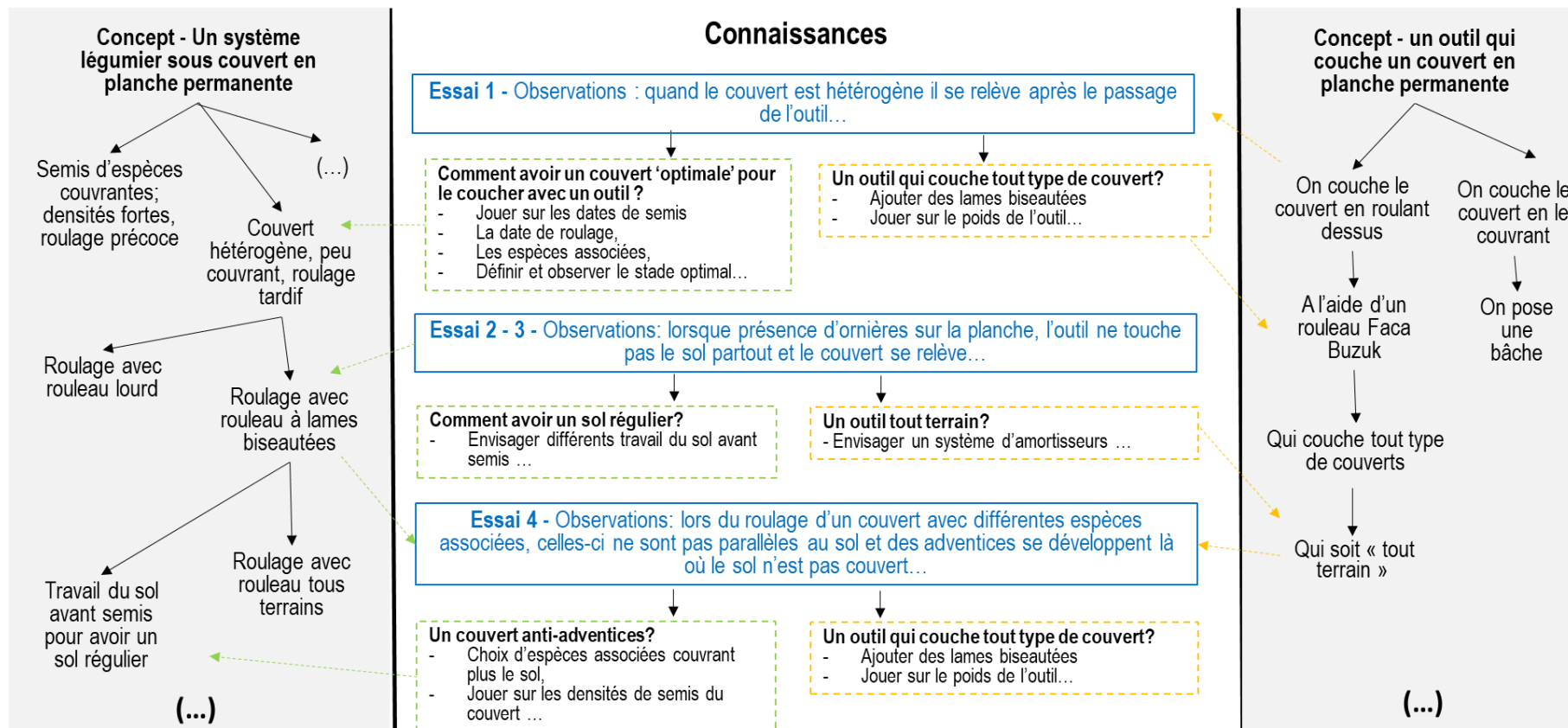


Figure 13. Modélisation CK illustrant sur quelques exemples l'émergence conjointe d'un outil et d'un système de culture par confrontation à différentes situations au cours d'essais chez des agriculteurs (acquisition de 'connaissances' – espace central). A gauche et à droite de la figure (encadrés gris) se trouvent l'espace des concepts, où on rend compte de l'expansion progressive des concepts d'outil et du système de culture, en relation avec les informations acquises au cours des essais. Au centre se trouve l'espace dans lequel émergent et sont produites des connaissances au travers des essais et qui stimulent la conception des deux objets. Les flèches colorées rendent compte de jeux entre connaissances et concepts au long du processus.

Etude en collectif des pratiques : acquisition de repères sur les conditions de réalisation et d'efficacité d'actions.

Quelles que soient **les espèces associées dans les couverts** en ferme (ex. couverts d'hiver : seigle-vesce ou seigle, vesce, trèfle incarnat ; ou couverts d'été : sorgho, radis daikon, tournesol, pois fourrager, sarrasin, trèfle incarnat), l'outil a, à plusieurs reprises, été efficace pour coucher le couvert. La difficulté majeure qui a émergé a été de parvenir à obtenir des couverts végétaux dans lesquels les cycles de développement des espèces associées ont un maximum de chance d'être synchronisées, au risque, sinon, de limiter l'efficacité du roulage (les plantes les moins développées ne sont pas cassées et se relèvent). C'est ce constat qui a conduit certains agriculteurs, après plusieurs essais, à ne plus utiliser la vesce en association, compte tenu de la trop grande imprédictibilité de son comportement face au rouleau faca. *«La féverole n'a pas levé en même temps que le sarrasin et le tournesol. De ce fait, le passage de rouleau faca n'a été efficace que sur le tournesol et le sarrasin, mais la féverole n'a pas été correctement détruite.»* (Extrait compte rendu, Bratzlawsky, 2016).

Les tests et observations au champ ont aussi permis de vérifier que l'outil pouvait être efficace **sur buttes, aussi bien que sur des surfaces planes**, validant ainsi les choix de conception poursuivant cet objectif. C'est cependant davantage l'état du sol qui s'est avéré contraignant : à la fois **son état hydrique et son nivellement**. D'abord, plusieurs agriculteurs ont relevé l'importance des conditions hydriques du sol pour assurer l'efficacité du passage de l'outil :

« J'ai couché l'engrais vert mercredi en condition relativement sèche à une hauteur de 1m50 environ ; tout était en fleur sauf le tournesol qui n'allait pas tarder, le sorgho, le trèfle incarnat le radis et le blé noir avaient déjà des grains de formés. A priori le roulage a très bien fonctionné, rien ne relève à part quelques tournesols. Il y a eu de la pluie la nuit et le lendemain (au moins 20mm sur les 2 jours) : le reste du champ que j'ai roulé sous la pluie le lendemain se relève, je pense que le sol étant plus meuble les plantes s'enfonçaient sans être trop abimées) » (Extrait d'un compte rendu, Bratzlawsky, 2015).

Le **nivellement du sol** est aussi rapidement apparu comme une composante déterminante de l'efficacité de l'outil au cours de l'action : les observations du comportement de l'outil lors de plusieurs tests au champ ont permis de constater que sous le couvert, certaines planches étaient *« irrégulières et non planes »* ou *« présentant des ornières (...) après un passage de vaches »*, *« la parcelle présente un léger dévers bombé »* pénalisant l'effectivité du passage *« les rouleaux centraux ne travaillent pas sur toute la planche »*, *«le couvert se relevait où il y avait des trous »*. Ces spécificités du milieu ont conduit le collectif à imaginer des moyens de dépasser ce problème à la fois en revenant sur des actions qui pourraient être réalisées en amont du passage de l'outil – comme envisager un travail du sol particulier au moment de l'implantation du couvert pour aplanir la surface du sol - ou bien en jouant sur les propriétés de l'outil, pour qu'il s'adapte à ces situations comme par exemple :

« la mise en place d'un système de boggie pour la fixation des rouleaux centraux : des articulations permettent aux deux rouleaux d'être toujours en contact avec le sol, quelle que soit l'inclinaison du châssis de l'outil (...) L'utilisation d'une bascule ou lumière au 3^{ème} point apporterait une première solution à ce problème en laissant l'outil se poser sur les 2 rouleaux » (extrait CR projet réunion Buzuk).

L'état de développement du couvert végétal s'est aussi rapidement avéré déterminant de l'efficacité des actions réalisées sur la parcelle. La représentation de ce que devait être un état du couvert idéal pour passer l'outil s'est progressivement affinée au fil des tests en précisant la hauteur, la constitution, la densité, le stade de développement des espèces ... (ex.« pas suffisamment développé » (test 1), « le couvert seigle-vesce est bien développé (...) plus ligneux » (test 2), « deux roulages ont été effectués en Mai à quelques semaines d'intervalle (...) cela a permis de constater l'importance du stade car le deuxième essai était beaucoup plus concluant » (test 3), « il faut un couvert de 1m50 minimum » (test 4) ; « la vesce n'ayant pas levé, le couvert n'est composé que de seigle, la densité est faible » (test 5), « un tiers des épis de seigle a des étamines et la vesce est bien en fleur » (test 6). En relation avec ces observations, plusieurs leviers d'action ont été envisagés, par le collectif pour augmenter les chances d'atteindre les états souhaités de ce couvert : il a notamment été envisagé de jouer sur les dates de semis des couverts et sur les dates de roulage, et d'observer des états clés du couvert avant passage. Il a aussi été envisagé d'augmenter « l'agressivité » de l'outil, et le choix a été fait d'ajouter, sur l'outil, des lames en forme de biseau, plus à même de blesser les plants et ainsi maintenir le couvert au sol.

« On avait en tête qu'il faut rouler stade début épiaison, on savait qu'il fallait que la graine soit à un stade avancé, mais on avait cette peur de rouler avant la graine, donc on était dans l'inconnu, et en soi, c'était l'objectif de ce projet aussi, la mise au point, de se rendre compte de comment réagit le seigle sur un roulage (...) au fil des saisons on a retardé le stade où on le roulait, on se rendait bien compte que plus efficace, c'était au mois de juin ; chez Florent ça marchait bien » (extrait entretien, 12/ 2018).

Enfin, toujours en relation avec les conditions d'action, plusieurs tests ont montré qu'il était indispensable de **rouler le couvert dans le même sens**, et il a été acté que « Pour éviter de faire trop de trajet en tracteur, il est possible de diviser la parcelle en deux pour rouler une moitié dans un sens et une moitié dans l'autre » ; que l'outil était inefficace, malgré les réglages, sur de petites planches (90cm) ; qu'il est possible de tracter l'outil avec peu de puissance – donc avec un tracteur de petite taille (30CV) et en limitant l'usage de gasoil. **La densité de certaines espèces d'adventices** sur les parcelles, au moment du passage de l'outil s'est aussi avérée déterminante dans l'efficacité du roulage. Dans le test 1, le chiendent, très présent sur la parcelle au moment du passage a mis plus d'un mois à ressortir. En revanche, sur des parcelles infestées par du rumex (pénalisant le développement de la culture suivante), le collectif a imaginé remplacer le passage de l'outil par d'autres voies d'action : un retour au travail du sol, à des faux semis ou un arrachage manuel.

Etude en collectif des pratiques : acquisition de repères sur les états du milieu souhaités en aval des actions.

Les essais et les observations des états du milieu dans différentes situations ont aussi permis de préciser progressivement **la situation souhaitée en aval de l'action**, c'est-à-dire de spécifier des états du milieu à obtenir pour atteindre les équilibres agronomiques et performances souhaitées. Par exemple, les essais ont montré que le couvert une fois roulé et couché, pouvait ne pas empêcher le **développement d'adventices**. Notamment, la présence de « *trous au sol* » (zones non couvertes par les plantes couchées) offre l'espace pour que des adventices puissent se développer. Ce constat a conduit à revoir les densités de semis et à choisir des espèces associées plus couvrantes une fois couchées. Le collectif a notamment observé que certaines espèces cultivées, malgré une forte biomasse aérienne, sont peu couvrantes une fois couchées au sol – comme le tournesol. Des évènements imprévus comme la **verse⁵⁹ de certaines espèces**, ont aussi favorisé le développement d'adventices : les tiges des cultures, une fois roulées, n'étaient pas alignées au sol, ouvrant des espaces aux adventices pour se développer. Ces constats ont conduit le collectif à envisager, après le passage du rouleau, le retour à des options plus classiques, comme le bâchage des cultures avant semis, pour limiter les concurrences ; ou dans certaines situations, à jouer davantage sur les complémentarités : « *La bâche pourrait également être utilisée en complément du rouleau face pour détruire un couvert qui serait roulé avant le stade épiaison* ». L'émergence de ces vivaces a aussi conduit le collectif à imaginer des stratégies de gestion sur des pas de temps longs (ex. « *des itinéraires techniques incluant des périodes de nettoyage* »).

⁵⁹ Phénomène par lequel les espèces se retrouvent couchées au sol (à cause d'intempéries, car elles sont trop hautes...).

5. Discussion intermédiaire

Cette discussion s'organise autour de deux axes : dans un premier temps (§5.1.) nous discuterons les pistes ouvertes par l'étude de ce cas pour envisager la conception simultanée d'outils et de systèmes de culture adaptés aux situations et aux projets d'agriculteurs ; puis (§5.2.) nous discuterons d'enseignements concernant les contributions de l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs pour stimuler l'émergence d'outils, de systèmes de culture innovants et de prescriptions.

5.1. Des pistes à explorer pour stimuler la conception couplée d'outils et de systèmes de culture

L'étude du cas de l'Atelier Paysan ouvre des pistes pour explorer la question suggérée dans le rapport IRSTEA (Bournigal, 2014) « *Comment concevoir des agroéquipements qui n'existent pas aujourd'hui pour des systèmes agricoles qui n'existent pas non plus ?* ». Les résultats montrent qu'ils proposent une remise en cause du découplage historique de la conception des outils (par l'agro-industrie) et des systèmes de culture (par les agriculteurs), en proposant d'envisager leur émergence conjointe en ferme. L'étude du processus de conception du rouleau Faca Buzuk en systèmes légumiers sous couvert suggère que considérer les outils comme des objets à concevoir (et non comme des variables de contingence) offre aux agriculteurs de nouvelles opportunités de conception en situation (ex. après avoir observé un défaut de nivellement du sol, les concepteurs ont pu imaginer agir simultanément ou au choix sur le système de culture, par l'insertion d'un travail du sol approprié avant le semis du couvert ; et sur l'outil, en proposant d'ajouter un système de boogie).

L'étude du cas du rouleau Faca Buzuk rend compte du fait que l'émergence conjointe d'un outil et d'un système de culture est possible à plusieurs conditions. D'abord, ce processus implique d'engager une exploration en 'double inconnu', c'est-à-dire qu'on ne connaît a priori ni le système de culture ni l'outil qui émergent en cohérence. Ensuite, c'est le fait de 'rendre possible' la conception en situation, par des agriculteurs, qui contribue à permettre d'explorer des interactions entre l'outil, le système de culture, l'évolution des milieux cultivés et les projets, sensibilité et conditions de travail des agriculteurs. Les propositions de l'Atelier Paysan dans ce sens reposent sur l'accompagnement à l'auto-construction des outils et à la production d'intelligibilités, de jugements et à l'acquisition de connaissances sur les interactions précédemment décrites. Les résultats montrent que c'est au cours de la conception en situation que se définit le caractère 'adapté' et 'adaptable' des outils (i.e. des outils évolutifs, transformables). L'étude de ce cas nous invite à réfléchir à l'adaptabilité des outils sur deux dimensions : à la fois l'adaptabilité d'un outil chez un agriculteur, dont le système de culture, le milieu ou les projets évoluent, ce qui contribue à leur robustesse (Darhnofer et al., 2010) ; et l'adaptabilité d'un outil entre plusieurs fermes, aussi évoqué par Lucas (2018), dans le cas des réseaux CUMA. Aussi, ces propriétés des outils reposent sur l'enjeu d'accroître l'autonomie des agriculteurs dans leur conception – une définition de l'autonomie qui diffère ici de celle recherchée au cours de la conception d'outils dans

l'agro-industrie (où cette autonomie signifie diminuer la charge mentale des agriculteurs, notamment car certaines tâches sont réalisées par les machines et non pas par l'agriculteur). Cependant, rappelons que de tels processus de conception impliquent un fort engagement des agriculteurs, un investissement en formation et du temps, dont ils ne disposent pas toujours et pour lequel, jusqu'alors, ils ne sont pas soutenus.

Envisager la conception conjointe d'outils et de systèmes de culture pose cependant de nouvelles questions, et l'Atelier Paysan en défriche certaines, souvent dans l'action, en situation, et en capitalisant sur ses expériences. Envisager une contribution des EPST à cette dynamique impliquerait de rapprocher les travaux menés d'un côté en agronomie et de l'autre par les quelques chercheurs engagés sur l'innovation dans le machinisme, qui jusqu'à récemment collaborent peu (Piovan, 2018 ; Guillou, 2013) : que seraient des modèles agronomiques dans lesquels l'outil agricole pourrait être un objet à concevoir ? Quels modèles d'outils permettent de prendre en charge leur adaptabilité aux projets et situations de différents agriculteurs ?...

Ces résultats peuvent être discutés en regard de la notion de **conception d'innovations couplées**, introduite, dans le secteur agricole, par Meynard et al. (2017). Ces auteurs introduisent cette notion pour discuter de l'enjeu, aujourd'hui, de concevoir, de manière coordonnée, des innovations en amont (ex. des systèmes de culture au champ) et en aval (ex. procédés de transformation alimentaires) des filières agricoles. On propose d'étendre l'usage de cette notion à **la conception couplée de systèmes techniques et d'objets venant en soutien à l'action des agriculteurs** (qui, dans notre cas, se rapportent à des outils agricoles). Cette notion nous semble intéressante car elle offre une prise pour penser l'émergence d'innovations dont les processus de conception ont historiquement été découplés : d'un côté les systèmes de culture conçus, par des agriculteurs, et de l'autre la conception externalisée, d'outils, d'intrants (biocides, variétés)... par la R&D agricole. En agronomie, côté recherche, on trouve quelques travaux dans lesquels on discute de ces découplages (plutôt en relation avec les variétés). Par exemple, Jeuffroy et al. (2014) montrent que les modèles d'évaluation des variétés conçus hors des fermes ne permettent pas de prendre en compte la diversité des interactions à l'œuvre dans un système de culture en ferme, ou le rapport de Meynard et Jeuffroy (2006), qui souligne la dichotomie, dans des pistes de prospective sur l'avenir de la recherche sur les variétés, entre conception des variétés par la R&D d'un côté et conception des systèmes de culture de l'autre.

La logique d'une conception couplée d'innovations, telle que nous l'avons observée dans le cas de l'Atelier Paysan, pourrait être rapprochée, et mise en dialogue, avec les dynamiques à l'œuvre dans les réseaux de semences paysannes, décrites par Bonneuil et Demeulenaere (2007) ou Demeulenaere et Goldringer (2017), dans lesquels des agriculteurs, appuyés par des acteurs de la R&D agricole, conçoivent de nouvelles variétés en cohérence avec leurs systèmes de culture, leurs situations, leurs projets.

5.2. Rôles endossés par l'Atelier Paysan : articuler étude de pratiques innovantes et conception en ferme

Qu'a-t-on appris de l'étude du cas de l'Atelier Paysan concernant les relations entre étude de pratiques innovantes et activités de conception ?

D'abord, en comparaison aux résultats du chapitre 2, l'étude du cas de l'Atelier Paysan rend compte de la façon dont une structure organise des explorations de pratiques variées autour d'un inconnu désirable (des outils pour une agriculture biologique et paysanne) et dans l'optique d'alimenter des dynamiques de conception distribuée dans les territoires. En particulier, les résultats rendent compte de plusieurs rôles qu'endosse l'Atelier Paysan pour organiser ces explorations de pratiques : (i) permettre, par différentes voies, la mise en commun de connaissances, issues d'expériences locales (en organisant des tournées de recensement d'innovations paysannes ; en offrant la possibilité à différents acteurs de mettre en commun, sur une plateforme internet, des apprentissages sur la conception d'outils en ferme...), (ii) transformer (ex. en générant des plans décontextualisés), organiser les connaissances émergeant de ces expériences, permettre leur mise en circulation pour qu'elles stimulent la conception de nouveaux outils, et permettre leur usage en situation (ex. en mobilisant les plans et témoignages au cours de formations à l'auto-construction)⁶⁰. Enfin, c'est aussi parce que l'Atelier Paysan est une structure pérenne (à la différence de la majorité des initiatives présentées dans le chapitre 2) que les salariés sont en mesure de capitaliser sur des expériences et de réinvestir le fruit d'explorations passées. Parce que la structure est pérenne, ils sont en mesure (iii) de 'rendre pensable' et de faire vivre une visée partagée de transformation de l'agriculture dans laquelle des agriculteurs ou des partenaires de la R&D, distribués dans les territoires, peuvent s'identifier et s'organiser pour explorer un même champ de conception. On peut rapprocher ce dernier point de l'enjeu, décrit par Le Masson et Weil (2014) et par Berthet (2013) de formuler un 'inconnu commun' pour organiser des dynamiques de conception entre des acteurs a priori en concurrence ou en conflit (notons que dans le cas que nous avons étudié, c'est davantage le caractère distribué des activités de conception qui invite à la formulation d'un inconnu commun).

Un autre résultat clé de ce chapitre porte sur l'étude approfondie d'une forme d'articulation entre 'étude de pratiques innovantes' et 'activités de conception' (un cas particulier identifié dans le chapitre 2 – se rapprochant des cas Auto'N ou Réseau Berry). Nous montrons comment et en quoi l'étude de pratiques innovantes au cours de leur réalisation, peut contribuer à 'gérer l'exploration d'un espace inconnu' dans une situation dans laquelle (i) on dispose de peu de connaissances a priori (ex. dans le cas de la conception du rouleau Faca Buzuk, on ne connaissait que très partiellement les interactions entre

⁶⁰ Ces deux rôles peuvent être rapprochés de rôles décrits par Manzini (2015) dans des situations où des designers experts soutiennent la conception par des designers non experts ; il parle de 'facilitateurs', 'activistes' et de 'promoteurs d'une culture de conception', où les concepteurs experts stimulent, aident et soutiennent l'engagement et la réalisation d'activités de conception, ainsi que le partage de règles de conception auprès de non-experts.

techniques et avec l'outil qu'on souhaitait concevoir) et (ii) où on cherche à ce que les agriculteurs impliqués s'approprient et adaptent à leurs situations les objets en cours d'émergence. Le cas du rouleau Faca Buzuk montre notamment que c'est en amont, au cours de l'action et par confrontation à de nouvelles situations que se définissent progressivement des représentations systémiques (i.e. des modèles conceptuels) des objets en cours d'émergence. Nos résultats soulignent un trait original de ce type de processus : ces représentations systémiques servent à la fois à la définition progressive **des outils et des systèmes techniques** adaptés aux situations et projets des agriculteurs, et à l'émergence de **nouveaux contenus prescriptifs** qui seront mis en circulation par l'Atelier Paysan (ex. les différentes versions des plans de l'outil). Comme nous l'avons souligné dans la partie « problématique », on évoque parfois dans la littérature l'émergence conjointe 'de manières d'agir pour produire' et 'd'objets à visée prescriptive' (ex. Lacombe, 2018; Prost et al., 2018), et nos résultats rendent compte de la réalisation de ce processus.

Plus précisément, plusieurs travaux ont déjà montré que les agriculteurs, en agissant dans leurs parcelles pour produire, obtiennent des informations, parfois surprenantes, qui les invitent à faire évoluer leurs systèmes techniques (Brédart et Stassart, 2017 ; Coquil, 2014). Certains évoquent, en relation avec les travaux de Schön (1983), le dialogue qu'ils établissent, au cours de l'action, avec les situations (ex. Cerf et al., 2012). Les résultats sur le processus de conception du rouleau Faca Buzuk montrent, dans le même sens, que c'est en réalisant des actions en situation, et par l'observation et l'interprétation de ce qui est en train de se faire, que les concepteurs, à la fois établissent des liens systémiques - c'est-à-dire qu'ils identifient des interactions - entre l'outil agricole, le système de culture envisagé et réalisé et l'évolution des états du milieu cultivé, et qu'ils sont en mesure de **porter un jugement** sur des choix qu'ils avaient faits (ex. en observant les réponses de la situation à leurs actions, les états du milieu les informent sur ce qui en résulte, qui avait été prévu ou non), ce qui les invite parfois à en **envisager d'autres** (ex. un jugement négatif invite à changer les espèces du couvert végétal, l'observation de la verse du couvert végétal invite à revisiter ses dates de plantation et/ou la date de passage de l'outil). En ce sens, le cas de la conception du rouleau Faca Buzuk en système légumier nous permet de montrer comment s'opère - par l'étude des pratiques, ici, en collectif - l'élaboration d'une représentation systémique, entre différentes entités vivantes et artificielles, au cours de l'action et dans l'objectif, ici, de la conception coordonnée de deux objets. Ainsi, les pratiques 'innovantes' sont étudiées au cours de leur mise en œuvre, et les étudier est génératif puisque cela contribue à faire émerger deux nouveaux objets. Nos résultats montrent aussi que cette étude permet, au cours de sa réalisation, l'identification de ce que nous avons appelé des '**repères**' à la fois sur les conditions de réalisation et d'efficacité d'actions et sur les états du milieu souhaités en aval des actions. Ces repères peuvent être rapprochés d'indicateurs décrits par Toffoloni (2016), et nous montrons, dans le cas du rouleau Faca, leur rôle central dans les raisonnements pour la construction de représentations systémiques au champ au cours de la génération d'un nouvel objet. Aujourd'hui, l'Atelier Paysan trace peu ces repères (il se focalise davantage sur les

modélisations d'outils, inédits jusqu'à aujourd'hui). Un enjeu serait de davantage capitaliser sur ces repères qui pourraient servir de point d'appui pour, dans d'autres situations, envisager la conception conjointe d'outils et de systèmes techniques aux propriétés proches.

Une partie de notre étude s'est portée sur le cas du rouleau Faca Buzuk. Les salariés de l'Atelier Paysan rendent compte du fait que les traits de ce processus sont communs à ceux d'autres outils dont ils accompagnent l'émergence. Nos résultats gagneraient à être enrichis par l'étude comparée de plusieurs cas, et par une étude plus poussée des dynamiques collectives à l'œuvre, auxquelles nous nous référons mais que notre démarche de recherche ne nous a pas permis d'approfondir.

Chapitre 4. L'étude de pratiques innovantes, source de renouvellement des modèles conceptuels en agronomie, dans un contexte de transition vers l'Agriculture Biologique

Ces résultats sont le fruit d'un travail réalisé en étroite collaboration avec Elise Favrelière et Aïcha Ronceux, respectivement ingénieure et chargée du projet VivLéBio à Agro-Transfert Ressources et Territoires. Ce chapitre mobilise des résultats du stage de césure de Florent Rodot, que nous avons co-encadré durant 5 mois.

Dans ce dernier chapitre de résultats, nous nous intéressons au projet VivLéBio, porté par Agro-Transfert Ressources et Territoires (AGT-RT), qui explore les modalités de gestion des adventices vivaces en Agriculture Biologique (AB) dans les Hauts-de-France. La gestion des vivaces a déjà fait l'objet de nombreux travaux de R&D, qui, jusqu'à récemment, étaient surtout centrés sur une maîtrise des vivaces à l'aide d'intrants de synthèse. La transition vers l'AB pose aujourd'hui de nouvelles questions aux agriculteurs, et interpelle les acteurs de la R&D dans la manière de venir en appui à ces changements en ferme. Dans le projet VivLéBio, l'hypothèse a été faite qu'étudier des pratiques innovantes d'agriculteurs en AB pourrait contribuer à enrichir les explorations agronomiques en appui à ces changements. C'est sur cette hypothèse que s'est ancrée notre collaboration avec les porteuses du projet VivLéBio : au travers d'une recherche intervention, nous avons exploré et suivi la construction de relations entre la réalisation d'une étude de pratiques innovantes et les expansions induites dans les raisonnements de conception en agronomie.

1. Eléments d'introduction : gérer les adventices vivaces en Agriculture Biologique ?

L'initiative sur laquelle nous portons notre attention dans ce chapitre vise à venir en soutien aux agriculteurs dans la gestion des adventices vivaces en Agriculture Biologique. Pourquoi s'intéresser à la gestion des adventices vivaces ?

D'abord, revenons sur ce que sont les 'adventices'... On considère comme adventices toutes les espèces qui émergent sur une parcelle agricole sans qu'un agriculteur ait souhaité leur venue. Elles sont, de ce fait, depuis l'émergence de l'agriculture, des entités naturelles qu'on cherche 'à gérer', dans l'optique de permettre le développement d'espèces qu'on souhaite récolter (Figure 14). Gérer les adventices pour maîtriser les problèmes qu'elles posent aux agriculteurs est un champ d'investigation qui a largement été exploré en agronomie, en relation avec diverses disciplines, comme l'écophysiologie, la malherbologie, la phytopharmacie ou l'écologie.

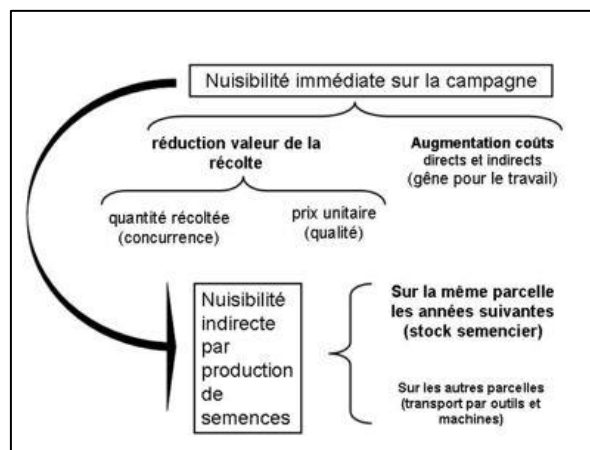


Figure 14. Les nuisibilités des adventices (d'après Macé et al., 2007 – traduit sur le site des mots de l'agronomie)

Les problèmes que posent les adventices sont de plusieurs ordres, comme le montrent Macé et al. (2007) (Figure 14) : ces adventices peuvent, sur une parcelle agricole, venir concurrencer (accès à la lumière, aux nutriments...) les espèces en culture, et ainsi impacter le rendement ; elles peuvent affecter la qualité du produit récolté, par le mélange de leurs graines avec celles des cultures, pénalisant ainsi leur valeur commerciale ; elles peuvent aussi contribuer à augmenter le nombre voire la durée des chantiers de travail (en ajoutant des interventions de désherbage, en contribuant à 'bourrer' les outils de récolte...) ; elle peuvent aussi abriter et maintenir des maladies ou parasites sur une parcelle agricole d'une année sur l'autre. On évoque le stock semencier du sol en référence au fait qu'une adventice présente un jour sur une parcelle a de grande chance de s'y redévelopper. Ainsi, pour toutes ces raisons, on cherche aujourd'hui à réduire les populations d'adventices car 'elles posent problème' (Figure 14) !

Parmi les espèces adventices, on distingue, classiquement, d'une part les 'vivaces' et les 'pluriannuelles' (on retiendra le terme 'vivaces' dans la suite du texte pour se référer à ces deux types d'adventices), et d'autre part les 'annuelles' ou 'bisannuelles'. Contrairement à ces dernières, qui se multiplient principalement via la production de graines, les premières disposent d'organes spécifiques de stockage de réserves et de multiplication qui leur permettent de se reproduire sans nécessairement avoir recours à la production de graines. On parle de reproduction par voie végétative, qui s'opère soit à partir de racines tubérisées soit à partir de bourgeons situés sur des tiges souterraines ou rampantes (rhizomes, stolons,...), qui, dès lors qu'elles sont brisées (ce qui entraîne une levée de la dormance), leur permettent de produire de nouvelles racines, de nouvelles feuilles et de nouveaux organes de multiplication.

Historiquement, ces espèces étaient maîtrisées par la présence, dans des rotations de cultures, de prairies pluriannuelles peu favorables à leur développement. Dans un contexte de déclin de la polyculture-élevage, lié à la spécialisation des exploitations et des bassins de production (Mignolet et al., 2012), ces adventices sont aujourd'hui majoritairement gérées à l'aide d'herbicides dédiés, conçus par la R&D agricole publique et privée. Leur gestion est d'autant plus contrainte que, pour certaines espèces comme le chardon, leur présence 'en fleur' sur les parcelles (donc au moment où elles peuvent se disperser par voie aérienne) est interdite, à certaines périodes de l'année, par la réglementation⁶¹.

Dans les régions de grande culture comme les Hauts-de-France, la croissance des surfaces en agriculture biologique se fait le plus souvent sans retour de l'élevage. Gérer les adventices vivaces en agriculture biologique –i.e. sans usage d'intrants de synthèse, et sans élevage, donc sans prairies temporaires dans les rotations de culture - soulève de nouvelles questions quant à leur gestion en pratique (quelles actions mettre en œuvre pour produire sans être infesté de vivaces ? Quels risques à laisser des vivaces dans un champ ? Comment se comportent ces vivaces ?...), et interpelle les contributions que peuvent faire des acteurs de la R&D pour soutenir le développement de l'AB.

C'est dans ce contexte que s'ancre le projet VivLéBio, à AGT-RT. Au travers d'une recherche-intervention, ce travail aura pour objectif d'éclairer des relations entre réalisation de 'l'étude de pratiques innovantes' et expansions dans les raisonnements agronomiques de conception. C'est donc au travers de l'étude d'une démarche en train de se faire, et à laquelle nous avons contribué, que nous avons exploré la question suivante :

Comment s'appuyer sur l'étude de pratiques innovantes pour enrichir les représentations agronomiques dans un contexte de transition vers l'AB ?

Dans le paragraphe suivant (§2), nous présenterons brièvement le projet VivLéBio, avant de présenter la méthode de recherche (§3) et les résultats (§4) qui seront discutés dans un dernier paragraphe (§5).

⁶¹ Le chardon est classé comme organisme nuisible par l'arrêté ministériel du 31 Juillet 2000. Sa propagation importante peut donner lieu à un arrêté ministériel, préfectoral ou municipal pour rendre la lutte obligatoire sur une zone et période donnée.

Encadré 19. Mauvaise herbe - D'après 'Les Mots de l'agronomie', Par Pierre Morlon et Nicolas Munier-Jolain

« Le problème des mauvaises herbes est consubstantiel à l'agriculture, apparue quand les hommes ont commencé à favoriser les plantes qu'ils désiraient récolter, et pour cela à « tirer les herbes qui par l'abondance des pluies & luxure de la terre, abondent et surmontent le grain nouvellement levé » (Estienne & Liébault, 1565, f. 98v). La mise en culture a favorisé certaines espèces adventices dont l'abondance relative est, en archéologie, un indice de l'existence de l'agriculture, plus précoce que les modifications morphologiques des espèces domestiquées (Willcox et al., 2008 ; Willcox, 2012).

« Le royaume des cieux ressemble à un homme qui sème de la belle semence dans son champ. Pendant que dorment les hommes, vient son ennemi : il sème de l'ivraie par-dessus, au milieu du blé, et il s'en va. Quand l'herbe germe et fait du fruit, alors paraît aussi l'ivraie. Les serviteurs du maître de maison s'approchent et lui disent : 'Seigneur, n'est-ce pas de la belle semence que tu as semée dans ton champ ? D'où vient donc qu'il y ait de l'ivraie ?' Il leur dit : 'un homme, ennemi, a fait cela !' Les serviteurs lui disent : 'Veux-tu donc que nous allions la ramasser ?' Il dit : 'Non, de peur qu'en ramassant l'ivraie, vous déraciniez avec elle le blé. Laissez l'un et l'autre croître ensemble, jusqu'à la moisson. Au temps de la moisson, je dirai aux moissonneurs : ramassez d'abord l'ivraie, liez-la en bottes pour la brûler. Quant au blé, rassemblez-le dans mon grenier.' » (Évangile de Matthieu, chap. 13.).

La parabole du bon grain et de l'ivraie (ou zizanie, d'où l'expression « semer la zizanie ») est, en Occident, la plus célèbre histoire de mauvaise herbe. L'ennemi, dans la parabole, c'est le Diable, le Mauvais, le Malin - pendant longtemps, on disait les herbes malignes, comme on dit aujourd'hui une tumeur maligne : non seulement nuisibles, « méchantes » (qualificatif fréquent autrefois), mais on n'arrive pas à s'en débarrasser (« mala hierba nunca muere », « mauvaise herbe jamais ne meurt », dit un proverbe espagnol). Il y a quelque chose de diabolique à surgir sans avoir été semé, et à s'obstiner à contrecarrer la légitime aspiration de l'homme à subvenir à ses besoins ! Il faut donc les extirper sans relâche : « et plus unquore je l'ay esraché et essarté toutz lez orties putes et les mavaisses herbes », dit un texte de 1396 (Kristol, 1995 : 17). »

2. Présentation du projet VivLéBio à Agro-Transfert Ressources-et-Territoires

Le projet VivLéBio a été initié et est porté par AGT-RT, une structure associative créée au début des années 90, à l'initiative de l'INRA et des Chambres d'agriculture, pour, comme l'expliquent Boiffin et Choppelet (2015), « *contribuer à remédier à l'éloignement qui s'instaurait entre la recherche en agronomie et le développement agricole local* ». Les activités d'AGT-RT s'ancrent régionalement, d'abord en Picardie et aujourd'hui dans les Hauts-de-France. AGT-RT se définit aujourd'hui comme une plateforme de conduite de projets de transfert à l'interface entre la recherche agronomique et le développement agricole, qui a pour objet :

« D'être un centre de compétences et de ressources concernant la production agricole et sa mobilisation dans une logique de développement durable afin de mieux identifier et accompagner les actions à conduire sur les territoires. » (Document projet VivLéBio, Ronceux et Favrelière, 2016).

Depuis 2013, en relation avec les priorités nationales de développement de l'AB (plan Ambition Bio) et sous l'impulsion de partenaires locaux, AGT-RT s'est engagé sur l'appui au développement de l'Agriculture Biologique, qui, malgré un essor des conversions en région, restait très minoritaire avec 1,2% de la Surface Agricole Utile, surface n'incluant que de rares exploitations en systèmes de grandes cultures sans élevage (Ronceux et Favrelière, 2016). C'est dans cette dynamique que se sont succédés le projet Agri-Bio (2013-2016) , et le projet VivLéBio (2017-2019). Les thématiques de travail ont été définies en relation étroite avec les partenaires locaux, principalement des conseillers agricoles (Chambres d'Agriculture, Bio en Hauts-de-France), des agriculteurs bio, et des financeurs (le conseil régional des Hauts de France et les agences de l'eau Seine Normandie et Artois Picardie).



Figure 15. Photos de fleurs de chardon des champs (*Cirsium arvense*), de laiteron des champs (*Elytrigia repens*) et de rumex (*Rumex obtusifolius*, *Rumex crispus*) (d'après Favrelière et Ronceux, 2016)

Ces deux projets ont permis d'aborder une problématique importante au niveau régional : la gestion des adventices vivaces en AB, avec, dans le cadre du projet VivLéBio, un focus particulier sur la gestion du chardon des champs (*Cirsium arvense*), du laiteron des champs (*Elytrigia repens*) et du rumex (*Rumex obtusifolius*, *Rumex crispus*) (Figure 15). Parmi les objectifs du projet VivLéBio (2017-2019) - dans lequel s'inscrit notre travail - l'un d'eux est de :

« mobiliser les acteurs techniques de la région impliqués sur les grandes cultures et les légumes de plein champ biologiques pour : i) aider les agriculteurs à élaborer et mettre en place des stratégies de gestion des adventices vivaces (chardon, rumex, laiteron), frein majeur au développement des systèmes de grande culture biologiques, par le test de stratégies pluriannuelles et l'élaboration de ressources adaptées ; ii) aider les agriculteurs à maîtriser les adventices dans leurs systèmes de culture en combinant de manière cohérente les différents leviers agronomiques. Ces stratégies et ressources seront co-construits avec les partenaires du territoire (conseillers techniques, agriculteurs, voire autres acteurs de la filière) pour favoriser leur appropriation et leur diffusion » (Document projet VivLéBio, Ronceux et Favrelière, 2016).

La tâche « *Aider à la construction de stratégies de gestion des vivaces efficaces et adaptées à différents systèmes de culture biologiques de la région* » se décline en deux sous-tâches complémentaires : « *Repérage de pratiques de gestion efficaces mises en œuvre par des agriculteurs sur les régions voisines* » et « *Journées d'animation sur la construction de stratégies de gestion adaptées aux contextes de production de la région* », dont l'objectif est de « *mobiliser les résultats des tests au champ, les retours sur des pratiques de gestion innovantes et performantes mises en œuvre sur les régions voisines, l'expertise des agriculteurs et des conseillers de la région et l'apport des chercheurs impliqués dans le projet pour construire des stratégies de gestion des vivaces (...)* ». C'est autour de la réalisation de cette tâche que s'est ancrée notre collaboration dans le projet.

3. Méthode : une recherche-Intervention

Comme l'explique David (2000), la démarche de recherche-intervention permet au chercheur de prendre part à un projet de transformation initié par des acteurs, et de contribuer à concevoir et mettre en œuvre des modèles de gestion, des outils et des procédures, en relation avec l'objectif de produire des connaissances dans l'action, tout en contribuant à une production théorique. Par l'ancrage, et au travers de collaborations avec les acteurs du projet, la recherche-intervention offre l'opportunité de comprendre en profondeur, et de contribuer à orienter, les trajectoires de changement. David (2000) identifie plusieurs principes méthodologiques sous-jacents à une recherche intervention, et sur lesquels nous nous sommes appuyés au cours de la réalisation de ce travail : le principe d'investigation prospective, qui implique que la conduite de la recherche s'inscrive dans un projet de transformation ; le principe de conception, qui implique la co-construction de propositions de changement avec les acteurs des dynamiques collectives en cours ; et le principe de la libre circulation entre les niveaux théoriques, qui implique que le chercheur travaille constamment sur la base d'un raisonnement reliant les faits observés avec les théories intermédiaires, ou plus générales.

Nous détaillerons, en suivant, le déroulé de la recherche-intervention, qui a couru sur 16 mois, ce qui nous donnera l'occasion d'illustrer la prise en compte, dans cette recherche, de ces différents principes.

Au long de la recherche-intervention, de Novembre 2016 à Mai 2018, j'ai pu m'imprégner du fonctionnement d'AGT-RT, de la dynamique collaborative à l'œuvre dans le cadre du projet VivLéBio, et découvrir le travail réalisé et envisagé (animation d'un collectif de partenaires, suivi, réalisation de tâches...), au travers d'entretiens et de réunions régulières avec les porteuses du projet, et lors de la participation à différents évènements ponctuant la vie du projet (cf. Annexe 2 pour la liste des évènements, des entretiens et des réunions).

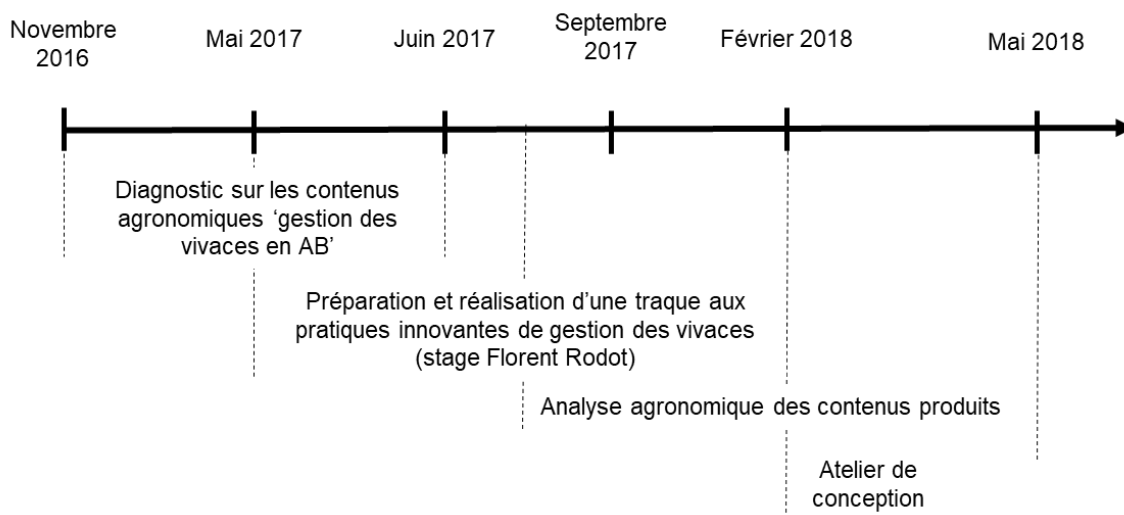


Figure 16. Chronologie des principales actions jalonnant la recherche-intervention.

La collaboration avec les porteuses de projet s'est structurée autour de la réalisation d'une « traque aux pratiques innovantes d'agriculteurs », inspirée de travaux antérieurs (Dupré, 2015 ; Salembier et al., 2016 ; Ronceux et al., 2018). Cette « traque » avait été envisagée dès l'écriture du projet VivLéBio en 2016, et a été mise en œuvre par un stagiaire sous notre co-encadrement durant 5 mois. Les actions qui jalonnent la recherche- intervention (Figure 16) ont été imaginées et mises en œuvre pour que l'étude de pratiques innovantes serve les objectifs du projet VivLéBio, tout en contribuant à l'enrichissement d'une construction théorique autour des relations entre étude de pratiques innovantes d'agriculteurs et activités de conception en agronomie. Nous revenons ici sur chacune de ces actions, en précisant les choix qui ont été faits, dans quel contexte, avec quelles ressources, en impliquant qui, sur la base de quelles questions. Nous précisons la manière dont les actions ont été réalisées et ont évolué au fil de leur réalisation. Notons que chaque action a été mise en discussion avec les conseillers agricoles partenaires du projet au cours de réunions (4 au total concernant la réalisation de la traque aux pratiques innovantes, cf. annexe 2).

Toutes les actions ont été imaginées en prenant appui sur le socle théorique présenté dans le cadrage de la thèse (partie 1.3.), basé sur l'agronomie système et les design sciences.

Action 1 - Diagnostic du champ de conception. Cette action reposait sur l'hypothèse qu'organiser et porter un jugement sur ce que nous savons aujourd'hui de la gestion des vivaces en AB (état des contenus agronomiques disponibles et des voies de conception explorées par la R&D), offrirait des prises pour engager, puis réaliser l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs. Ce travail s'est appuyé sur un état de l'art qui avait été réalisé au cours du projet précédent (Agri-Bio), sur les modalités de gestion du chardon, du laiteron et du rumex (Favrelière et Ronceux, 2016). Cet état de l'art se basait sur des écrits scientifiques, de la littérature grise et des contenus agronomiques produits dans le projet Agri-Bio. Nous

avons partagé un diagnostic sur l'état du connu et des voies de conception déjà explorées, au cours de trois réunions (cf. annexe 2), l'une d'entre elles incluant les conseillers agricoles engagés dans le projet. Ce diagnostic nous a permis d'éclairer la nature des contenus agronomiques jusqu'alors produits par la R&D, à savoir : quelles sont les principales voies d'action connues pour gérer ces vivaces ? Quels processus agronomiques sont mobilisés ? Comment ces contenus agronomiques ont-ils été produits ?... La notion de diagnostic que nous employons ici se réfère à la méthode 'CK referentiel' (Agogué, 2012), dont nous nous sommes inspirée pour réaliser ce travail, et dont l'objectif est de cartographier l'état d'un champ de conception, notamment dans l'optique de mettre au jour des biais de fixation collectifs et de nouvelles voies à explorer. Pour rendre explicite, visualiser et interagir autour de ce diagnostic, nous avons réalisé une modélisation CK (Hatchuel et Weil, 2003) du champ de conception 'modalités de gestion des adventices vivaces en AB'. C'est en relation avec ce diagnostic que nous avons formalisé des concepts (au sens de CK) visant à orienter le repérage de pratiques innovantes, i.e. des espaces inconnus sur le plan des connaissances agronomiques et dont l'exploration pourrait enrichir le projet VivLéBio.

Action 2 - Repérage d'agriculteurs qui gèrent, avec succès, ces vivaces hors-région. Comment repérer et entrer en contact avec des agriculteurs qui gèrent avec succès ces adventices vivaces en AB, a été la première question que nous avons appréhendée avec Florent Rodot, au lancement de son stage. Dès l'écriture du projet, il avait été acté que le repérage des pratiques se ferait hors-région car des pratiques locales avaient déjà été étudiées dans le cadre du projet Agri-Bio. En nous référant à nos expériences et en nous inspirant de travaux antérieurs (en particulier Lefèvre et al., 2014 ; Salembier et al., 2016 ; Blanchard et al., 2017), nous avons fait le choix de repérer des agriculteurs en nous appuyant sur les réseaux d'acteurs de la R&D agricole engagés dans l'AB dans différentes régions voisines des Hauts-de-France. Nous faisons l'hypothèse que ces acteurs pourraient nous orienter vers des agriculteurs maîtrisant ces vivaces en AB et acceptant de nous rencontrer. Notons que passer par des acteurs de la R&D que connaissent les agriculteurs contactés, offre, par ailleurs, une légitimité lors d'une première prise de contact avec ces derniers.

Que demander à ces acteurs de la R&D en les contactant ? Autrement dit, comment préciser ce que nous cherchons, i.e. ce qui, dans notre situation, ferait 'innovant'. Un premier choix a été de nous appuyer sur l'expertise de nos interlocuteurs, en faisant l'hypothèse qu'ils étaient les plus à même de nous orienter vers des agriculteurs dont les pratiques pourraient nous surprendre, dans leurs régions. Lors d'un premier échange téléphonique, après leur avoir exposé la problématique de l'étude - à savoir la gestion des 3 adventices vivaces en AB - nous leur avons demandé si, dans leurs régions, ils avaient connaissance d'agriculteurs qui parvenaient à gérer ces vivaces en AB et dont les pratiques seraient originales, hors-norme, surprenantes. Nous jugions leur réponse au prisme des modalités de gestion que nous connaissions. Les concepts formalisés en relation avec le diagnostic initial ont parfois été utilisés, au

cours de l'échange avec les acteurs de la R&D, en complément de la piste 'pratiques originales-hors norme', en vue de stimuler l'échange, et pour orienter, si besoin, le repérage des pratiques.

Cette action, avant et au cours de sa réalisation, a été discutée, au cours d'une réunion, avec les conseillers agricoles partenaires, qui ont proposé d'enrichir la formulation des concepts (ex. 'des modalités de gestion des vivaces sans luzerne et sans prairie', réunion 10/11/2017), et ont fourni des contacts de personnes de la R&D sur lesquelles s'appuyer dans différentes régions, nous offrant, là encore, une légitimité dans la mise en relation. Au total, les coordonnées de 40 agriculteurs ont été obtenues, 24 ont été contactés et 10 ont pu être enquêtés dans 4 régions (Hauts-de-France, Ile-de-France, Grand Est, Normandie), dans le temps imparti pour l'étude.

Action 3 - Explicitation par les agriculteurs de leurs pratiques. C'est au travers d'entretiens semi-directifs que nous avons choisi de faire expliciter aux agriculteurs les pratiques qu'ils mettaient en œuvre pour gérer une des adventices vivaces (ou parfois 2 ou 3 d'entre elles). Un enjeu a été de savoir comment préparer l'échange, en particulier en sachant que les pratiques qui allaient être rencontrées n'étaient pas connues a priori, et donc que l'enquêteur (ici, l'étudiant en stage) ne pouvait pas préparer à l'avance les questions à aborder. Nous nous sommes inspirés de la méthode de l'entretien semi-directif (Blanchet et Gotman, 2007) pour permettre à l'agriculteur de construire un discours sur ses pratiques, tout en offrant la possibilité à l'enquêteur d'impulser, de stimuler voire d'orienter l'échange avec des questions. Pour 'être à l'aise' au cours de l'échange, le stagiaire – étudiant en agronomie – s'est en amont familiarisé avec ce qui est aujourd'hui connu sur les vivaces (en s'imprégnant de l'état de l'art et en interagissant avec les porteuses du projet) : l'enjeu ici était qu'il ait des bases pour comprendre de quoi l'agriculteur lui parlait. Lors du premier contact téléphonique avec un agriculteur pour un entretien, le stagiaire demandait à l'agriculteur d'explicitier, brièvement, ce qu'il faisait pour gérer les vivaces. Ces premiers éléments, lorsque nous parvenions à les obtenir, ont permis d'envisager quelques questions sur lesquelles aiguiller l'agriculteur au cours de l'échange. Des supports visuels – dessin esquissé au cours de l'entretien – ont aussi, dans certains cas, été utilisés pour rendre compte, par écrit, de ce qui était explicité par l'agriculteur. Lorsque c'était possible et opportun, les entretiens se sont poursuivis au champ ou devant les outils agricoles mobilisés, afin d'approfondir les échanges en s'appuyant sur d'autres ressources que l'explicitation orale (visualisation des champs, du matériel, photos...), offrant, de fait, des voies de triangulation de l'information échangée. Dans les faits, ces procédures ont été soumises, chemin faisant, à la réalité d'un entretien (temps disponible, échange plus ou moins aisé, ...) et les contenus agronomiques tracés ont été très variables d'un entretien à l'autre. Lorsque les agriculteurs étaient d'accord, les échanges ont été enregistrés. Au cours de l'analyse, certains agriculteurs ont été recontactés, afin d'obtenir des informations supplémentaires pour gagner en intelligibilité sur leurs pratiques.

Un retour vers les agriculteurs enquêtés a été envisagé, selon plusieurs modalités : au moment des entretiens, il a été proposé aux agriculteurs (i) de leur fournir les fiches, produites dans le cadre du projet Agri-Bio, faisant état des connaissances agronomiques disponibles sur les vivaces, (ii) d'être ajoutés à la liste des participants au blog sur les vivaces conçu dans le cadre du projet, (iii) de les inviter aux journées de mise en commun des résultats du projet.

Action 4 - Analyse de ce qui a été appris sur les pratiques. L'analyse de ce qui est explicité par l'agriculteur sur ses pratiques débute au cours des entretiens et est suivie d'une analyse plus distanciée, en aval.

Processus épistémique	Sorties du processus
Analyse agronomique de ce qu'explicité l'agriculteur au cours de l'entretien	Production d'un matériau brut issu de l'échange entre l'enquêteur et l'agriculteur
Hiérarchisation et organisation de liens systémiques qu'a explicités l'agriculteur pour rendre compte de ses pratiques	Production d'un récit écrit
Mise en dialogue de ce qu'a explicité l'agriculteur avec des connaissances agronomiques	Production de connaissances et identification de nouveaux inconnus (questions de recherche, concepts)

Tableau 14. Processus épistémiques engagés par l'analyse agronomique des pratiques innovantes

C'est au cours de l'analyse de la logique agronomique que s'établissent, progressivement, des relations entre ce qu'on apprend de ces pratiques innovantes et la conception, puisque c'est au cours de ce processus qu'émergent de nouveaux inconnus. Nous détaillons ici les différentes formes qu'a prises cette analyse, i.e. les différents processus épistémiques qu'elle engage (Tableau 14).

► L'analyse agronomique commence au cours de l'entretien : celui-ci consiste en un jeu d'aller-retours entre ce que l'agriculteur explicite spontanément, et les zones d'ombre que repère l'enquêteur. Pour aider l'enquêteur à rebondir, et à s'adapter au fil du récit de l'agriculteur, nous nous sommes appuyés sur les acquis des analyses systémiques en agronomie : autrement dit, c'est en partant du discours de l'agriculteur qu'on cherche à comprendre des relations systémiques qu'il établit entre ce qu'il fait, ses projets, certaines intentions, des expériences passées, les états du milieu qu'il souhaite obtenir, les jugements qu'il a portés sur ses actions, les interprétations qu'il porte sur les évolutions du milieu cultivé. Et, au cours de l'échange, en fonction de ce que l'agriculteur explicite, on pose des questions, pour gagner en intelligibilité, notamment sur les processus agronomiques en jeu dans ses pratiques. Le guide d'entretien comporte des repères pour, au cours de l'échange, susciter et capter des informations qui permettent d'avancer dans la compréhension de ce qui est fait. Par exemple, lorsqu'il s'agissait d'usage d'outils originaux, on a cherché à préciser la profondeur de travail et les raisons de ce choix ; dans chaque cas, on a cherché à faire expliciter les conditions d'action, notamment les indicateurs que mobilisaient les agriculteurs pour agir ; par expérience, nous avons aussi considéré qu'inciter à

revenir sur la trajectoire d'évolution de la pratique était un repère intéressant pour faire expliciter à l'agriculteur son interprétation et ses jugements sur certains faits.

L'ensemble des échanges enregistrés ont été retranscrits, pour (i) permettre à l'enquêteur de réaliser l'entretien sans avoir à prendre trop de notes, facilitant ainsi les échanges spontanés, la réactivité ; (ii) garder trace des échanges après le départ du stagiaire et (iii) faciliter l'analyse : nous considérons, par expérience, que la réécoute des entretiens est un moment clé au cours duquel se structure l'analyse agronomique, au-delà de ce qui a pu être capté au cours de l'échange (ex. ce qu'un agriculteur a pu évoquer à la fin de l'entretien peut parfois fournir des clés pour mieux comprendre ce qu'il avait évoqué au début).

► Un autre moment de l'analyse agronomique consiste, à partir du matériau brut retranscrit, en l'écriture d'un récit dans l'objectif de rendre compte des liens qu'a tissés l'agriculteur (ou qu'il a été invité à tisser par l'enquêteur) au cours de son récit, pour rendre compte de ce qu'il a fait, comment il l'a fait, dans quelles situations... Autrement dit, on cherche ici à construire un récit contextualisé, à partir de ce qu'a explicité l'agriculteur, organisant et hiérarchisant les interactions qu'il a évoquées : des liens entre ses pratiques, ses intentions et projets, les effets observés, ses actions passées, le jugement qu'il porte sur ce qu'il a fait... Ce processus épistémique constitue le substrat d'un autre processus que nous détaillons maintenant.

► Enfin, un troisième moment de l'analyse consiste à mettre en dialogue ce qui a été explicité par l'agriculteur sur ses pratiques et les connaissances en agronomie. Autrement dit, on compare l'intelligibilité produite sur les faits par l'agriculteur avec celle qu'on pourrait produire en s'appuyant sur nos connaissances (la littérature en agronomie et nos expériences personnelles), afin de produire de nouvelles connaissances et d'identifier des concepts. Plus précisément, on produit de nouvelles connaissances à partir de ce qu'a explicité l'agriculteur : (i) en rapprochant ses interprétations de processus agronomiques connus (ex. un agriculteur installe un couvert de trèfle pour entrer en compétition avec le chardon – on peut rapprocher ce qu'il interprète du processus de 'concurrence' entre espèces) ; (ii) en mobilisant des connaissances issues de disciplines connexes à l'agronomie (écophysiologie, écologie, sciences du sol...) pour les mettre en dialogue avec les interprétations des agriculteurs (ex. un agriculteur observe que, dans ses sols, la luzerne – fauchée 6 fois en 2 ans - est plus concurrentielle que le sainfoin – fauché 3 fois en 2 ans - contre le chardon – ce qui nous invite à aller explorer des connaissances sur la physiologie de ces deux espèces et sur leur comportement dans différents sols). Notons que les connaissances explorées dans les disciplines connexes sont suggérées par les agriculteurs, en lien avec ce qu'ils ont observé et leurs interprétations. Les modalités de réalisation de ce processus épistémique constitue un résultat de ce travail, que nous présenterons dans le §4.3.).

L'objectif n'est pas tant de 'valider ce qu'ont dit des agriculteurs', que d'identifier des liens plausibles (hypothèses) qui pourraient être explorés dans d'autres travaux et de mettre au jour de nouveaux inconnus qui peuvent être de deux ordres : des questions de recherche, qui émergent quand on manque de connaissances pour formuler des hypothèses / établir des liens plausibles sur les effets des pratiques, ou bien, on ne dispose d'aucune connaissance pour produire une interprétation ou un jugement sur ce qui a été explicité – on est face à un concept (un indécidable).

Notons que les conseillers agricoles partenaires du projet ont, au cours de deux réunions (cf. annexe 2), participé à cette troisième analyse, en interprétant ce qui a été appris sur ces pratiques à partir de leurs propres expériences.

Action 5 – Réalisation d'un atelier de conception. Dès l'écriture du projet VivLéBio, il était envisagé d'organiser une série d'ateliers collectifs, impliquant des agriculteurs de la région et les conseillers partenaires du projet, dans l'objectif de 'concevoir des stratégies de gestion des vivaces adaptées à la région et aux différents contextes rencontrés' (présentation Favrière et Ronceux, 2018). En particulier, nous avons participé à la réalisation d'un premier atelier, sur une série de 4 (étalés sur 2018 et 2019), et dont les objectifs étaient : (i) de partager un pool de connaissances et de mettre en commun des expériences sur la gestion des vivaces en région, (ii) d'imaginer de nouvelles combinaisons de pratiques pour la gestion des vivaces, et, (iii) d'initier avec les agriculteurs impliqués une dynamique partenariale sur deux années autour de la thématique des vivaces en AB. Notre objectif, dans cette collaboration, faisait suite à la réalisation du travail de traque et visait à imaginer des manières de valoriser les résultats produits. L'organisation de cet atelier s'est inspirée de démarches méthodologiques publiées (Elmqvist et Segrestin, 2009 ; Reau et al., 2012 ; Arnoux, 2013) et de nos expériences antérieures. La journée, qui a eu lieu le 18 Février 2018 à Beauvais, s'est déroulée de la façon suivante : matinée de 'partage de connaissances' (mise en commun et discussions autour des acquis de la R&D, de résultats de la traque et des expériences des agriculteurs), après-midi dédié à la conception de modalités de gestion et aux discussions collectives autour des propositions (au total 13 personnes présentes, dont 8 agriculteurs, 2 conseillers agricoles partenaires, les porteuses de cas et moi-même). Le travail de conception a été réalisé en sous-groupes (de 3 à 4 agriculteurs et conseillers + un animateur – les porteuses du projet et moi-même), et a été initié par la formulation de concepts projecteurs (Le Masson et al., 2014) , basés sur les acquis de la traque. Nous avons discuté le choix de ces concepts projecteurs avec les porteurs de projet, qui en ont finalement retenu trois, visant à susciter l'exploration par les participants d'espaces de conception encore peu investis par la R&D et véhiculant des représentations de la gestion des vivaces encore peu communes en pratique (ex. vivre en harmonie avec les vivaces).

4. Résultats - L'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs pour enrichir les représentations agronomiques

La présentation des résultats est structurée autour de quatre paragraphes : un premier (§4.1.) concerne les résultats produits au cours du diagnostic du champ de conception, un second (§4.2.) rend compte de morceaux de récits sur ce qui a été appris au cours des entretiens avec les agriculteurs, un troisième paragraphe (§4.3.) montre la nature des connaissances et des inconnus générés par l'analyse agronomique de ces pratiques (nous détaillerons des modalités de ces analyses) et, le quatrième paragraphe (§4.4.) rend compte de l'usage de ce qui a été appris au cours d'un atelier de conception.

4.1. Diagnostic du champ de conception : une gestion des vivaces analytique et centrée sur deux voies d'action

Le diagnostic qui a été porté sur l'état de l'art a permis de dresser les trois constats suivants :

Le premier constat est que les contenus agronomiques des modalités connues de gestion des vivaces ont été soumis à des dispositifs d'élaboration de la preuve d'une grande diversité. On dispose, par exemple, de nombreux écrits dans lesquels sont exposées des connaissances sur la biologie des vivaces et/ou sur leurs modalités de gestion, dont la preuve de fonctionnement ou d'efficacité a été établie au travers d'expérimentations analytiques, dont les protocoles sont explicités. C'est alors soit la comparaison entre deux modalités, soit la répétition statistiquement validée des observations et l'atteinte de niveaux de performance (dans le contrôle des populations d'adventices) jugés satisfaisants qui font preuve. On observe cependant que ces expérimentations sont rarement réalisées sur des pas de temps longs, et que les articles évoquent rarement l'historique de la parcelle, ce qui semble contradictoire avec la possibilité de juger d'effets sur des adventices dont les dynamiques de développement s'opèrent sur plusieurs années. Dans une série d'autres écrits (par exemple des fiches techniques), les connaissances sont présentées comme prouvées, mais les modalités de production des connaissances ou les sources mobilisées ne sont pas explicitées. Ces fiches mélangent, sans en afficher l'origine, des connaissances issues d'expérimentations et des expériences du rédacteur. Enfin, on dispose de propositions d'actions pour gérer les vivaces, issues d'avis d'experts, sur lesquelles, en l'état actuel des connaissances, il est difficile de porter un jugement ; soit parce qu'on manque d'informations sur les modalités de réalisation de cette action, ou parce qu'on trouve des informations contradictoires ou antagonistes qui ne nous permettent pas de porter un jugement :

« [Concernant l'effet allopathique du sarrasin] *On a des informations contradictoires sur des essais, on a eu des effets contradictoires entre des essais et des enquêtes, on a des personnes qui nous ont dit comment ils ont conduit la luzerne et quand est revenu le chardon ; on avait essayé de tirer des conclusions à partir de ça et on a vu des choses différentes dans un essai au champ.* » (Extrait réunion 10/05/2017).

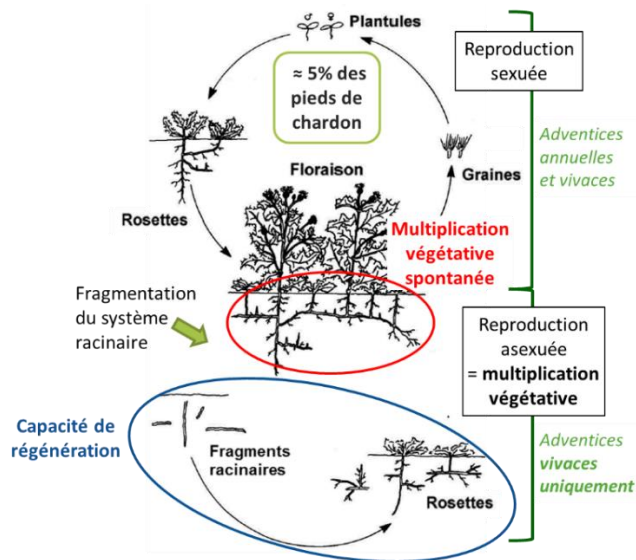


Figure 17. Cycle de reproduction du chardon (d'après Favrelière et Ronceux, 2016, adapté de les Livrets de l'agriculteur n°17)

Le second constat concerne la nature des contenus agronomiques. Dans la majorité des écrits se rapportant aux adventices vivaces, leurs populations sont modélisées comme 'une plante unique' (Figure 17), rarement replacées dans un peuplement végétal plus complexe ou en interaction avec d'autres composantes de l'agroécosystème. Chaque espèce vivace est étudiée indépendamment, et c'est le chardon qui a fait l'objet de la majorité des travaux, le rumex et le laiteron restant, jusqu'ici, assez méconnus. Quelles que soient les vivaces, on ne connaît que très partiellement les facteurs écologiques et agronomiques qui contribuent à leur émergence, leur croissance ou leur déclin, et d'autant moins dans les conditions pédo-climatiques des Hauts-de-France. Par exemple : on connaît la dynamique de stockage d'assimilats dans les racines du chardon, mais on ne connaît pas la façon dont cette dynamique est impactée par l'évolution du peuplement végétal dans lequel il se trouve : « *Est-ce que les taches du chardon sont toujours au même endroit dans les parcelles sur le long terme ? (...) Quels sont les effets locaux complexes du sol, du microclimat qui favorisent le chardon ? (...) Pourquoi le laiteron explose-t-il comme ça ?* » (Extrait réunion 19/05/2017, avec les conseillers partenaires du projet).

La majorité des contenus agronomiques présentant des modalités de gestion des vivaces en AB se rapportent à un modèle d'action analytique du type : 'une action (+ un moyen d'action – ex. un outil) agissant sur une composante du milieu cultivé, pour atteindre un objectif prédéfini, en termes d'état du milieu ou de performance de la culture' (Figure 18). Par exemple: « *Root fragmentation in late summer is a major practice used to control C. arvensis, as it is possible to implement after cereals harvest, even if the optimal intervention period would be in late spring (Hodgson, 1958; Derscheid, 1961). A minimum of three cultivations should be implemented in order to achieve a satisfactory efficacy (Lukashyk et al., 2005; Brandsæter et al., 2012). The most used implement is the duckfoot cultivator (Verschwele & Häusler, 2004)* » (Favrelière et al., en cours de production).

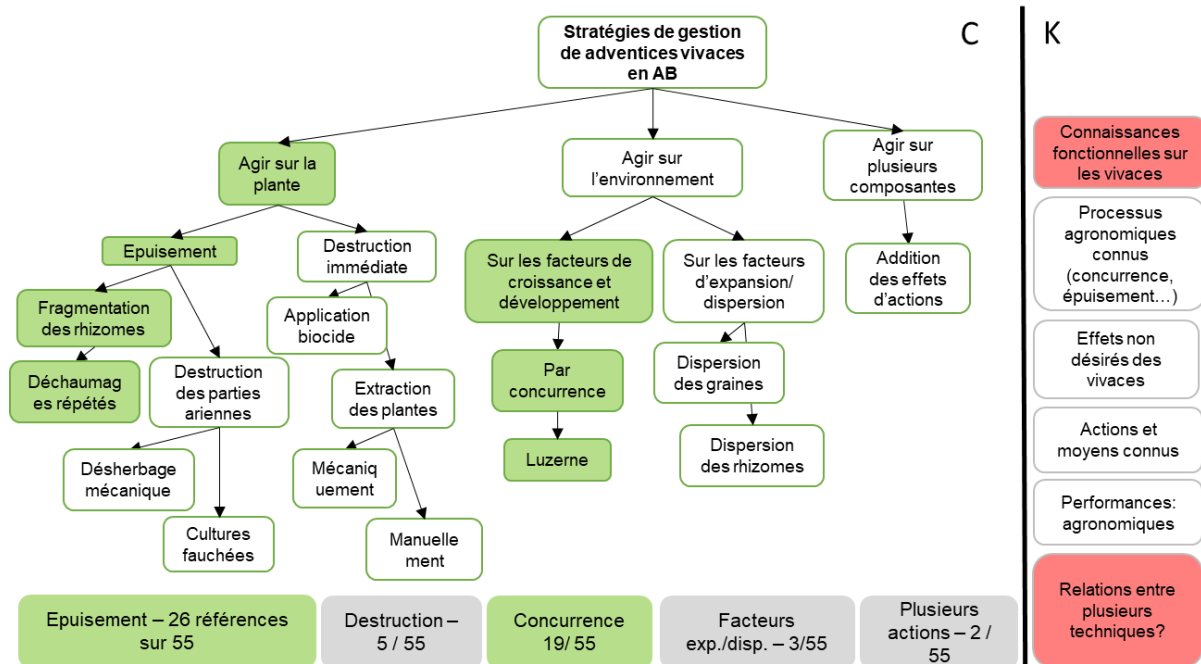


Figure 18. Modélisation CK – voies de gestion des vivaces explorées dans la littérature. En vert, les voies les plus explorées dans la littérature, en rouge, les contenus agronomiques jugés lacunaires ; sous chaque branche de l'arbre des concepts nous avons rapporté le nombre de références bibliographiques associées.

Comme le montre la Figure 18, les voies de gestion des vivaces explorées sont majoritairement analytiques, et, bien que l'enjeu des approches systémiques soit souvent évoqué, on ne trouve que de rares travaux dans lesquels on expérimente des combinaisons de techniques, en interaction entre elles et avec plusieurs variables du milieu (ex. implantation d'un couvert d'interculture « étouffant » après déchaumages répétés, Lukashyk et al., 2005 – cité par Favrelière et Ronceux, 2016). On constate aussi que les conditions dans lesquelles ces techniques ont permis d'atteindre les états du milieu ou les performances obtenues (ex. type de sol, climat, caractéristiques détaillées des outils agricoles employés, mise en lien entre les dates d'interventions et le stade des vivaces à ces dates) et les indicateurs ou repères qui ont été mobilisés pour agir ou juger ses actions (ex. que faut-il observer pour déclencher la technique ? Qu'est ce qui nous dira, en cours de route, que cela fonctionne ?...), ne sont que très partiellement renseignés et souvent de manière hétérogène (on précise l'outil, mais pas les états du sol qui conditionnent son efficacité...). Enfin, comme l'illustre la Figure 18, la majorité des solutions pour la gestion des vivaces se concentrent autour de deux voies d'exploration : « maîtriser les vivaces en agissant sur la plante par épuisement – par des travaux du sol répétés du type déchaumage d'été » (26 références écrites / 55 recensées, toutes sources confondues) et sur « maîtriser le chardon en agissant sur son environnement, par concurrence, en implantant des luzernes » (19 références / 55 recensées). Au-delà des ressources bibliographiques, ces deux voies d'action sont aussi les plus connues en région Hauts-de-France (cf. réunions du 16/05/2017 et du 21/06/2017 avec les conseillers partenaires du projet), mais leur mise en pratique se heurte, aujourd'hui, à des difficultés. L'introduction de luzerne dans la

succession de cultures se heurte, au niveau régional, à des débouchés commerciaux peu nombreux : peu d'élevages locaux permettent la valorisation en foin, et les filières de luzerne déshydratée sont difficilement accessibles aux agriculteurs de la région. De même, une bonne efficacité des déchaumages successifs en été implique plusieurs passages d'outils, sur un sol laissé nu durant deux à trois mois, à une période où les pluies sont rares. Dans les Hauts-de-France, les moissons généralement tardives raccourcissent la période propice au travail du sol répété, et les pluies estivales favorisent un ré-enracinement des plantes arrachées par les déchaumages.

Le troisième constat est que dans l'ensemble des travaux, on juge l'intérêt des actions mises en œuvre pour gérer les vivaces en constatant la présence/absence et la densité de la vivace qu'on cherche à maîtriser ou, plus rarement, en se rapportant à l'atteinte d'un rendement ou d'un résultat économique jugé satisfaisant. Aucun autre critère est mobilisé.

Ce diagnostic a servi de point d'appui à la formulation 'd'inconnus désirables', qui ont ensuite été mobilisés au cours des échanges avec les acteurs de la R&D contactés pour nous guider vers des agriculteurs aux pratiques innovantes. Deux premiers 'inconnus' visaient à s'écarter des voies de gestion des vivaces les plus connues et contraintes en région : « des pratiques de gestion des vivaces sans luzerne » et « des pratiques de gestion des vivaces sans déchaumage d'été ». Un autre 'inconnu' visait à orienter l'exploration vers des pratiques qui, en l'état des connaissances, semblent difficiles à imaginer : « des pratiques de gestion des vivaces en système sans travail du sol » : nous avons fait l'hypothèse que des agriculteurs qui maîtriseraient les vivaces sans travailler le sol en AB pourraient nous surprendre.

4.2. Qu'a-t-on appris des agriculteurs ? Récits.

Les 11 agriculteurs qui ont été enquêtés avaient des pratiques très différentes de gestion de l'une ou des trois vivaces. Nous proposons de résumer ici quelques morceaux des récits – premiers résultats de ce travail - produits suite aux entretiens avec les agriculteurs.

Un premier agriculteur (n°1) que nous avons rencontré, travaillant dans l'Essonne, considère qu'aujourd'hui, après 20 ans d'expérience en AB, 'les vivaces ne sont plus un problème' pour lui ; au contraire, il pense que c'est '*un faux problème*' qu'on colporte et '*qui fait flipper*' au moment de la conversion. Aujourd'hui, avec l'intégration de luzerne dans ses rotations, le chardon n'est plus un problème pour lui. Il considère en revanche le rumex présent sur ses parcelles comme une plante indicatrice de sols compactés et acides, qu'il a cherché à équilibrer avec l'apport d'écume de betterave (15T) visant à réajuster le pH du sol. Lorsque les populations de rumex atteignent des niveaux qu'il juge trop importants (ce qui est de plus en plus rare, dit-il), il réalise un décompactage du sol avec un outil de 4m doté de 6 dents 'à ailettes', à une profondeur de 40 cm (sous la semelle de labour). Les deux points clés de cette pratique sont, pour lui, le fait de travailler sous la semelle de labour et les dents à ailette inclinées vers l'avant, qui provoquent une '*vague*' dans le sol qui, selon ses observations, perturberait l'enracinement du rumex. Cette intervention est généralement réalisée en interculture d'été,

quand ses sols sont suffisamment secs pour limiter les '*lissages*' et permettre l'effet de soulèvement par vague. Chaque année, il réalise des déchaumages entre la récolte de la céréale et le début du mois d'octobre (toutes les 3-4 semaines donc 3 à 5 fois), pour limiter le développement d'adventices. La profondeur d'intervention est d'environ 10 cm, réalisé avec deux outils différents (déchaumeuse à disques pour provoquer un faux-semis, puis outil à dents équipé d'ailettes pour couper les racines de vivaces) lorsque le sol est suffisamment ressuyé.

Un couple d'agriculteurs (n°2), en Biodynamie, a été rencontré en Normandie. Leur ferme, en polyculture-élevage est remembrée dans les années 90. C'est à ce moment-là qu'ils acquièrent une parcelle infestée de rumex (environ 10/m²). Selon eux, l'agriculteur précédent coupait les foin tard et laissait au rumex le temps de monter à graines, favorisant sa prolifération. Ils racontent qu'ils décident, à ce moment-là, d'appliquer une préparation en biodynamie, élaborée à partir de cendres de plantes et graines de rumex, brûlées avec du bois sec et à une période particulière (liée au calendrier lunaire). Les cendres, dynamisées 8 fois (dilutions variées, agitation durant un temps précis) sont ensuite appliquées successivement 3 fois sur le champ infesté, sur un intervalle de 2 jours à 50-60L/ha. Ils ont réitéré cette application 3 années de suite, au cours desquelles la parcelle a été laissée en pâture et ils ont constaté une diminution progressive du peuplement de rumex, dont les plantes, la troisième année, noircissaient au collet avant de dépérir. Ils observent aussi que les moutons laissés en pâture consomment les jeunes feuilles de rumex.

Un autre agriculteur (n°3), dans l'Eure, observe la présence de rumex et chardons sur ses parcelles. Depuis 3 ans, sur le conseil d'un autre agriculteur, il réalise un décompactage, en interculture estivale, afin de sectionner les rhizomes de chardons en profondeur, à l'aide d'un outil (type Agroplow de la marque Agrisem), qu'il a maintenant l'opportunité de louer à l'un de ses voisins. Pour l'agriculteur, ce travail, réalisé à un moment où le sol est '*suffisamment sec*', favorise une ondulation du sol provoquée par son soulèvement brutal (permis par les socs plats et inclinés vers l'avant), sectionnant les rhizomes de chardon au-delà de 15 cm : '*la pointe est décalée et donc là où on travaille le sol ça soulève la terre comme si on trainait un manche à balais sous un tapis, ça fait une ondulation*'. L'agriculteur juge de l'efficacité du décompactage de la façon suivante : '*quand on passe après, à la main, on les attrape et on les sort, on voit bien qu'ils sont sectionnés*'. Il laboure aussi systématiquement avant le semis de chaque culture, ce qui, selon lui, contribue aussi à perturber les chardons et rumex. L'implantation d'une luzerne sur deux années contribue, selon lui, à maîtriser le chardon ; par contre explique-t-il '*les rumex, ils rigolent dans les luzernes*'. Il pratique des désherbages manuels : pour le rumex, à l'aide d'une bêche plantée dans le sol (coupe à 7-10 cm de profondeur), lorsqu'il est possible de pénétrer dans les champs en sortie d'hiver ; et pour le chardon, avec une faucille, dans les parcelles de blé, et coupe à hauteur de genou (sans se baisser, pour limiter la pénibilité), '*pas trop tôt*' pour éviter que le chardon '*branche*'. Il évoque aussi un intérêt, pour lui, de la culture de l'escourgeon, récoltée avant le 14 Juillet, qui permet de couper le chardon avant la production de graines, ce qui lui évite de passer désherber manuellement.

Il réalise aussi, en complément, plusieurs déchaumages '*quand ça verdit*', avant de semer le blé (fin octobre).

Un quatrième agriculteur (n°4), situé dans les Ardennes, considère que, pour que les vivaces ne soient pas un problème, il faut que ses sols soient en '*bonne santé*'. C'est dans cette optique qu'il a arrêté de labourer il y a 20 ans. Pour lui, s'il y a des chardons sur une parcelle, c'est que le sol en a besoin et qu'il '*exprime*' donc des chardons. Pour maintenir des équilibres concernant la gestion des vivaces, il réalise plusieurs choses. D'abord, il pratique l'isothérapie, qui, pour lui, repose sur le principe que '*l'eau peut transporter des informations*' au travers d'applications de solutions dynamisées. Ces solutions sont préparées à partir des adventices vivaces (récoltées l'année précédente pour répartir l'élaboration des préparations) qui sont écrasées, macérées, filtrées, diluées puis appliquées dans les parcelles tôt le matin en conditions humides, et ceci trois fois par an. Ainsi, l'application dynamisée lui '*donne satisfaction en apportant au sol l'information chardon*'. En complément, il pratique aussi des déchaumages d'été et cultive la luzerne. Il constate que, dans ses parcelles, les chardons peinent à pousser, sont chétifs et peu préjudiciables aux cultures ; ils deviennent parfois malades et sont souvent mangés par des chenilles. Le binage a été réintroduit récemment par son fils pour sécuriser la réussite des cultures (suit à de forts emprunts pour l'installation) mais l'agriculteur pense que ce n'est pas nécessaire puisqu'il s'en passait très bien avant.

Un autre agriculteur enquêté (n°5), en Seine-et-Marne, cultive des sols sablo/limoneux dans lesquels une couche d'argile, en profondeur, limite le drainage : il considère que ses sols humides sont propices au développement du rumex. Cet agriculteur intègre dans sa rotation une luzerne, qu'il valorise en déshydratation ou en foin, et qu'il laisse en place presque trois ans (implantation sous couvert d'un blé), ce qui, dit-il, lui permet de maîtriser le chardon et le rumex, avec 3 à 4 fauches par an. Cet agriculteur constate, plusieurs années de suite, que la culture d'un sarrasin - d'abord implanté en dérobé dans l'optique de profiter des reliquats azotés après un blé de luzerne – pénalise le développement des rumex, qui restent nains sous la culture. En complément, il considère que les cultures d'été de sa rotation – le soja et le chanvre semés fin Avril – permettent un travail du sol tardif au printemps, qui touche les vivaces à un moment où elles ont peu de réserves racinaires. Pour limiter la prolifération du rumex en sols humides, il travaille le sol avec différents outils permettant d'extraire les plantes pour les faire sécher en surface : (i) un passage de chisel à pattes d'oies, montées sur des dents rigides et passées à 12cm de profondeur, suivies de herse peignes, outils qui, pour l'agriculteur, sont mieux qu'un rouleau puisqu'ils ne repiquent pas les racines ; ce passage permet de couper les racines de rumex, (ii) un passage de vibroculteur classique (dents courbées) avec des peignes à l'arrière de l'outil, passé à 10-12cm de profondeur, permettant à la fois de sortir les racines de rumex, de les '*secouer*', de les mettre en surface et d'affiner la préparation de sol, (iii) un passage de herse étrille à 3-4cm de profondeur permet, en plus, d'assurer l'extraction des racines et d'émietter la terre collée à celles-ci, afin d'exposer les racines au

soleil pour qu'elles sèchent. En été, il peut parfois réaliser des déchaumages répétés sur rumex, cette fois-ci avec un vibroculteur aux dents plus écartées permettant de laisser passer les résidus de culture.

Un sixième agriculteur (n°6), dont les parcelles, dans l'Orne, présentent des mouillères, observe l'émergence récurrente de rumex sur ses sols cultivés en non-labour. Sa rotation et la conduite de ses cultures sont pensées pour que le rumex ne soit pas un problème. Il incorpore dans ses successions de culture, des intercultures de légumineuses fourragères (trèfle en particulier) qui, souvent fauchées, contribuent à l'épuisement des rumex, et des associations céréale-trèfle qui concurrencent le rumex. Le sarrasin, qu'il implante tous les 4 ans, '*pousse très vite et contribue à assommer les repousses*' de rumex. Le trèfle peut aussi être associé au sarrasin, et l'agriculteur souhaiterait qu'à terme, le trèfle '*devienne comme une adventice*' : qu'il y en ait toujours un peu sans avoir besoin de le semer. Il arrive aussi qu'il effectue un arrachage manuel, lorsque seulement quelques rumex se trouvent dans le champ. Il utilise quasi systématiquement avant l'implantation de chaque espèce cultivée, ce qu'il a baptisé '*une sarcleuse à vivaces*', un outil qu'il a conçu, fabriqué et fait évoluer en 6 ans. Cette sarcleuse a été conçue pour couper la racine du rumex au collet et la faire remonter à la surface afin de l'exposer et faire sécher la plante déracinée au soleil ou au froid. Il juge que l'outil est efficace lorsqu'il est passé entre 6 et 10 km/h. L'outil comporte : un cultivateur lourd équipé de 12 ailettes de 50 cm pour 3 m, avec un recouvrement de 100% entre chaque soc arrondi (le sol est travaillé deux fois par passage pour remonter le rumex), des dents en queue de cochon (vibrantes pour mieux soulever le rumex) et une herse peigne à dents repliées à leur extrémité (comme des dents de herse étrille). La période idéale pour passer l'outil est le printemps, moment où les vivaces n'ont pas reconstitué leurs réserves après l'hiver et n'ont pas encore produit de graines ; les périodes de chaleur et sec assurent le dessèchement des racines. Lorsque, malgré la mise en surface des rumex, ceux-ci parviennent à reprendre, l'agriculteur peut mobiliser deux autres outils : le rotalabour (travail du sol animé, ajout de doigts) ou le vibroculteur (dont il a allongé et arrondi les dents) qui permettent de décoller la terre adhérente aux racines, et mettre en surface les rumex.

Le septième agriculteur enquêté (n°7) travaille à la limite de l'Aube et de la Seine-et-Marne, et il observe, depuis son passage en AB des chardons et, plus récemment, des laitérons dans ses parcelles. Ces derniers se développent depuis 2 ans - il pense avoir ramené des graines avec la moissonneuse-batteuse partagée avec son voisin – et ne sait pas encore bien comment le gérer. Il a seulement constaté que le travail du sol en profondeur pouvait contribuer à fragmenter la racine qui produit des drageons à des profondeurs ensuite difficilement atteignables, c'est pourquoi, ces premières observations l'induisent à favoriser les déchaumages superficiels. Pour lui, le chardon a toujours été et restera toujours présent chez lui et dans la région : il travaille donc en '*faisant avec*', et considère, qu'en AB, '*il faut s'habituer au look de sa parcelle avec un peu des trucs qui dépassent*'. Pour lui, les ronds de chardon peuvent aussi être utiles : il les qualifie de '*puits de vie*' qui amènent de la biodiversité à l'intérieur de sa parcelle, et observe que lors de passages d'écimeuse, lorsque les chardons sont en bourgeons/fleurs, que '*ça vole de partout, ça part dans tous les sens*' : des abeilles, des grosses sauterelles, ... Les ronds de chardons seraient aussi un

refuge pour le petit gibier (perdrix et lièvres) qui y trouveraient protection contre les rapaces et les renards. Pour éviter néanmoins la prolifération des chardons, il adapte ses successions de cultures. Il implante 2 ans de luzerne ou de sainfoin, fauchés 3 à 4 fois sur 2 ans, dont certaines coupes sont valorisées en méthanisation, graine ou fourrage. Après un labour pour enfouir la légumineuse fourragère (et le ray-grass présent), et le semis d'un blé d'hiver, il enchaîne les opérations suivantes : (i) binage, pour couper le chardon avant qu'il dépasse 10cm, si le sol est ressuyé et que 3-4 jours de beau temps suivent le passage de l'outil ; (ii) passage d'une écimeuse auto-construite (à partir d'une rogneuse à vigne) et (iii) décompactage possible après moisson (installé derrière la moissonneuse en 2017), à 20-25 cm (avec un combiplot en sol 'pas trop sec, notamment en profondeur') pour favoriser l'aération du sol ('*en plein été on lui remet quand même une porosité grossière donc il doit pas aimer*', selon lui les chardons n'aiment pas les sols '*soufflés*', avec une porosité importante). En sectionnant les rhizomes en profondeur, il cherche à faire émettre au chardon de nouvelles pousses pour épuiser ses réserves. Suivent souvent ensuite une culture de pois ou de pomme de terre, ces cultures basses permettant plusieurs passages d'écimeuse, complétés par la possibilité de biner le pois (semis à 20 cm d'écartement) et de désherber manuellement la pomme de terre (culture à forte valeur ajoutée). Il utilise par ailleurs la flore adventice spontanée comme tuteur pour ses lentilles (ce qui limite les pertes). Pour fertiliser les deux céréales suivantes, l'agriculteur implante (à la volée) un mélange de trèfles (2/3 de trèfle annuel et 1/3 de trèfle pérenne) sous couvert de céréales dans l'optique qu'il reste 2-3 ans sur la parcelle. Le trèfle est fauché avant le semis des céréales. La pratique de ce qu'il appelle le '*couvert à durée indéterminée de trèfle*', qui devient comme une adventice, lui permet de maintenir des populations de vivaces stables, qui ne pénalisent pas la production, même si l'abondance d'azote au champ (fixation par le trèfle) favorise le développement de certaines graminées. Le trèfle se développe selon lui moins bien en sol séchant (craie, sable) où il envisage de le remplacer par du lotier corniculé, plus rustique et dont le port plus ramassé permettrait un semis plus aisé des céréales. Il dispose également d'un récupérateur de menue paille, qui lui permet d'éviter la dispersion des graines de rumex (pas de celles de chardon et laitron, qui volent).

Un autre agriculteur enquêté (n°8), dans l'Aube, rencontre des chardons et quelques rumex sur ses parcelles en prairie, en culture ou en agroforesterie (fruitiers et prairies). Pour lui, les vivaces ne sont pas un problème '*si on les ignore, si on les laisse vivre*'. Cet agriculteur considère la vivace comme un allié, dans le sens où sa présence peut, pour lui, être un indicateur de déséquilibres. Par exemple, l'une de ses parcelles, proche des bâtiments d'élevage, est aujourd'hui sur-pâturée et on y trouve de nombreux chardons : selon lui, comme la prairie a peu le temps de se développer (vite consommée par les animaux), elle ne fait pas de concurrence au chardon, et la lixiviation importante de nitrate (liées aux déjections animales) pourrait directement profiter au chardon dont les racines sont profondes. Il envisage donc de gérer les animaux de telle façon qu'il puisse réintégrer, sur cette parcelle, une coupe de foin. Par ailleurs, il considère que la présence de chardons bénéficie à ses élevages : d'abord aux abeilles qu'il élève, qui

ont accès à des fleurs en période estivale, à des moments où on trouve moins d'autres fleurs ; et à ses moutons (race '*rustique*' – Rava) : il a observé qu'ils consomment les rumex et les boutons de certains chardons (les plus fins). Il observe que les vivaces se régulent d'elles-mêmes, par concurrence, lorsqu'elles sont trop nombreuses. Il note que sur des parcelles en conversion au bio, les chardons envahissent le champ, favorisés par une grande disponibilité en azote issu de l'agriculture conventionnelle, puis que, lorsque l'état du milieu se stabilise, ils ont tendance à régresser. Cet agriculteur tend aussi à relativiser l'impact des chardons sur le rendement : pour lui '*l'œil humain est attiré par ce qui est gros*'. Il prend ses décisions en se référant aux impacts réels des vivaces : par exemple, l'année dernière, dans un champ de sarrasin mal levé à cause d'un printemps trop sec, de gros ronds de chardon très visibles se sont développés. En estimant la surface réelle occupée par ces chardons (environ 1ha réellement touché / 20ha), il a décidé de ne pas intervenir. Il considère aussi que le labour favorise le chardon en déplaçant la matière organique en profondeur, alors accessible aux racines profondes. Lorsque le chardon est 'trop présent' en prairie ou sur les bords de route, il passe un rouleau ondulé de 6m (normalement utilisé pour rouler des semis), au stade bouton floral, et observe que cela permet de casser les tiges de la majorité des chardons qui pourrissent ensuite au sol, et dont les boutons peuvent être consommés par les moutons. Il considère qu'un élevage diversifié est aussi un bon moyen de gérer les vivaces : le mouton mange le rumex et il souhaiterait avoir un ou deux ânes et quelques chevaux, qui selon lui consomment les chardons.

Un agriculteur (n°9), en Haute Marne, observe la présence de chardons sur les sols de 25-30 cm de profondeur et le rumex sur les sols profonds. Il se considère dans la phase '*critique*' concernant la gestion des vivaces : il s'est converti en AB en 2013, et, d'après son expérience et celles d'autres fermes en AB, les populations d'adventices explosent 2 à 3 ans après la conversion, puis se stabilisent après 8-10 ans en AB. Il ne cherche donc pas à éradiquer les vivaces mais à limiter leur développement pour pouvoir produire. Dans une parcelle particulièrement infestée de chardons, il a réalisé plusieurs passages croisés de décompacteurs à différentes profondeurs, afin de progressivement épuiser les rhizomes de chardon. Sur céréales, il a imaginé et expérimenté une technique qu'il juge satisfaisante : il réalise deux binages, avec une bineuse de 4m (attelage inversé), dans des inter-rangs de 40 cm, ce qui lui permet de passer trois dents et de travailler 30-35 cm de large – ce qui, dans sa situation, diminue le risque que l'une des dents 'saute', dans ses sols caillouteux. Cet agriculteur sème aussi un couvert de trèfle blanc, implanté pendant le semis du colza avec un petit semoir centrifuge à l'avant du tracteur, et dont les graines sont recouvertes par le semoir à l'arrière du tracteur, ensuite roulé pour assurer une bonne levée. Il cherche à ce que le couvert reste en place 3-4 ans, pour servir de couvert d'interculture à 3 espèces cultivées. Ce trèfle '*fera le boulot de désherbage*' aux endroits où le colza ne se développe pas bien, et limitera la germination des graines de ce dernier en interculture. L'agriculteur laisse ensuite le couvert de trèfle en jachère et fauche en fonction du niveau de salissement (notamment en fonction de l'abondance du chardon). Pour le semis du blé ou de l'orge ou du triticale qui suivent, il '*calme*' le développement du

trèfle (pour limiter la concurrence à la germination du blé) sans pour autant le détruire et afin qu'il redémarre au printemps, avec un labour (15-18cm) puis une reprise superficielle en un passage (herse rotative ou vibroculteur). Il contrôle ensuite le développement du trèfle, en culture, avec des binages. La plus grande difficulté, pour lui, dans cette pratique est la maîtrise du couvert, pour gérer la concurrence entre blé et trèfle, qui implique d'observer le comportement du couvert pour déclencher les binages. Il considère que, même si le trèfle fera toujours un peu concurrence à la céréale, la baisse de rendement sera compensée par la hausse du taux en protéine du blé (d'autant plus en AB, où les blés à taux protéiques élevés sont recherchés). Il a aussi testé la culture de variétés de blés anciennes, qui, comme il l'a observé, pénalisent le développement du chardon : il reste sous la culture très haute, et les chardons font une *'espèce de tige avec des feuilles qui noircissent et puis c'est tout juste s'il va à fleur'*. Il a aussi récemment testé une culture de seigle sur 1ha semé à la volée avec du trèfle incarnat et du pois. Il a pu observer qu'avant l'hiver le seigle forme de *'grosses touffes d'une 20aine de cm de haut'*, qu'il y a 1-2 pieds de trèfle par m² et les féveroles et pois gèlent pendant l'hiver. Il observe que les chardons deviennent *'jaune fluo'* dans le seigle et qu'il y a maximum 1 ou 2 chardons/m² alors que la pression explose dans le reste de la parcelle semée en pois. L'année suivante, des légumes ont été implantés à la place du seigle et il y avait très peu de chardons dedans. Cet agriculteur pense que le seigle a un effet allélopathique et qu'il est *'étouffant'* autant au niveau racinaire qu'aérien sur le chardon.

Un dernier agriculteur rencontré (n°10), qui est aussi gestionnaire forestier – dans l'Aisne, considère que si les vivaces sont là *'c'est qu'elles ont un rôle à jouer'*. Il ne cherche pas à éliminer les chardons, mais les gère pour qu'ils ne pénalisent pas trop la récolte, et, vis-à-vis de ses voisins agriculteurs, que ses champs ne soient pas vus couverts de chardons : il cherche donc à ce que ceux-ci restent sous la culture. Pour ce faire, il combine plusieurs pratiques : l'implantation d'une luzerne en tête de rotation, l'implantation de mélanges de céréales et protéagineux, des déchaumages d'été avec semis de couvert (grâce au semoir Delimbe monté sur le déchaumeur), l'implantation d'un sarrasin, qui, selon lui, concurrence le chardon au démarrage (culture étouffante) et dont l'implantation, fin Mai, implique un travail du sol qui intervient au stade bouton floral du chardon (lorsque celui-ci a peu de réserves racinaires). L'agriculteur a aussi évoqué des passages d'écimeuse, mais comme son outil est étroit, il ne peut l'utiliser pour le chardon que sur les cultures qui montent tardivement (au risque sinon d'abîmer les plantes).

4.3. Analyse agronomique transversale des pratiques : émergence de nouveaux inconnus sur des modalités de gestion des vivaces en AB

Un des objectifs de l'étude de pratiques innovantes était de générer des contenus agronomiques qui enrichissent l'exploration de modalités de gestion des vivaces en AB dans les Hauts de France. Dans cette section, nous montrerons en quoi l'analyse agronomique de ce qui a été appris sur les pratiques d'agriculteurs enquêtés contribue à cet objectif, en générant des connaissances et de nouveaux inconnus.

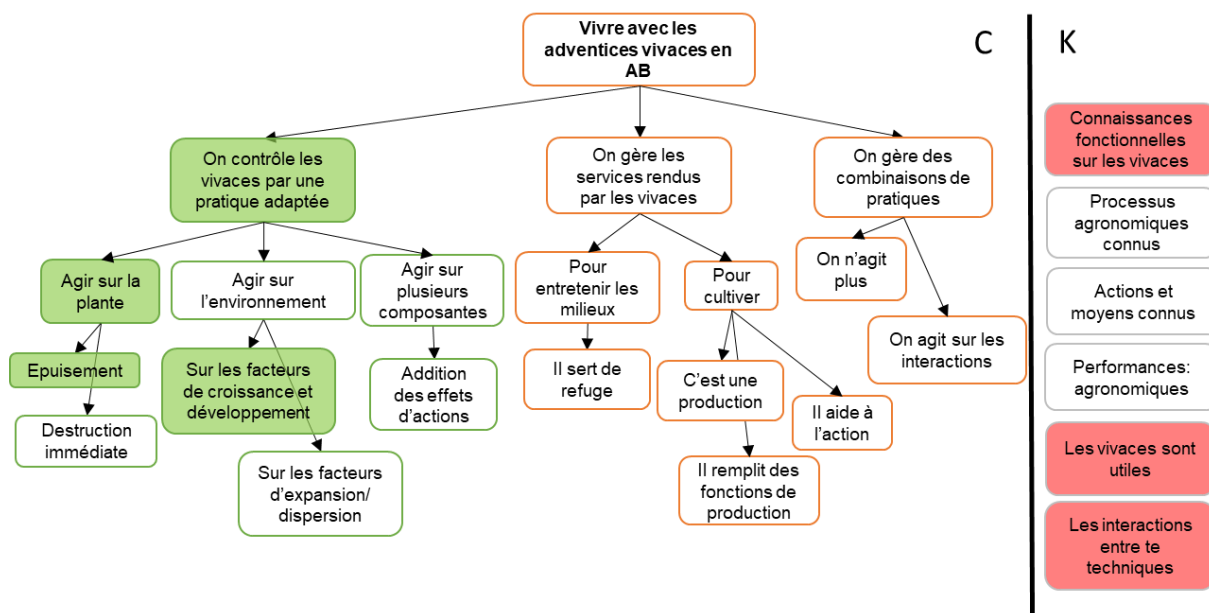


Figure 19. Réorganisation de l'arborescence des concepts à partir de l'analyse des résultats de l'étude de pratiques innovantes. En orange, les nouvelles voies ouvertes, en rouge, les principales poches de connaissance ouvertes.

La mise en dialogue de ce qui a été appris sur les pratiques et ce qui est généré par la R&D (cf. diagnostic) a permis de rendre compte de décalages entre les propositions faites par la R&D et les pratiques d'agriculteurs. En particulier, deux modalités de gestion des vivaces, évoquées en entretiens, sont à ce jour inédites ou marginales dans les travaux de R&D et sont intimement liées aux expériences, aux sensibilités, voire aux projets des agriculteurs que nous avons rencontrés. Une première modalité est que la majorité des agriculteurs enquêtés **combinent de nombreuses pratiques**, le cas échéant en inventant ces combinaisons en même temps qu'ils les mettent en œuvre, en relation avec l'évolution des états du milieu et des aléas. Souvent, ces agriculteurs ne cherchent pas à supprimer les vivaces, mais simplement à en réduire les populations pour qu'elles n'apparaissent pas comme un problème. La seconde est que certains agriculteurs considèrent que **les vivaces peuvent être utiles**, c'est-à-dire qu'ils les gèrent pour qu'elles leur rendent des services. Ces deux acceptions de la 'gestion des vivaces' permettent de souligner le fait que, dans les travaux de R&D, ces adventices sont (implicitement) toujours considérées comme des nuisibles, qu'il faudrait détruire. L'étude des pratiques d'agriculteurs permet de nuancer, voire de renverser cette représentation : la vivace est considérée par certains comme nuisible, et par d'autres comme constitutive du milieu cultivé – il faut faire avec ! - voire comme génératrice de services dans l'agroécosystème. Nous proposons de rendre compte de ces résultats en représentant visuellement, sur la Figure 19, l'explicitation de deux champs de conception divergeant du premier identifié dans les travaux de R&D (Figure 18). Pour intégrer cette ouverture, nous avons reformulé l'inconnu désirable exploré : de la conception de 'modalités de gestion des vivaces en AB', qui se rapportait avant tout à

une logique de maîtrise d'un nuisible par des techniques dédiées, mais non combinées entre elles, à 'vivre avec les vivaces en AB'.

Voie de conception	Exemple de connaissances	Exemple de question de recherche	Exemple de concepts
On contrôle les vivaces avec une pratique adaptée	Ecimer un chardon au stade bouton floral le force à reproduire de nouvelles fleurs, et ainsi, à puiser dans ses réserves	L'effet de « branchage » du chardon, au moment de la coupe des têtes, a-t-il toujours lieu et avec quelle intensité ? Et quel est l'impact de ce « branchage » sur les réserves du chardon ?	Application de cendres diluées et dynamisées pour contrôler le rumex
On gère des combinaisons de pratiques	Un couvert permanent de trèfle, combinée à des opérations répétées de déchaumage et binage permettent de concurrencer et épuiser le chardon	Comment s'exprime l'effet allélopathique du sarrasin ? N'est-il effectif que sur le chardon (ou l'est-il aussi sur d'autres espèces) ? A quelles conditions et pendant combien de temps est-il actif ?	Un système de culture permettant, dans un milieu donné, de contenir les vivaces
On gère les services rendus par les vivaces	le rumex est un indicateur de sols compactés et acides	De quels auxiliaires de culture (= prédateurs des bio-agresseurs) le chardon est-il hôte ?	Des chardons domestiqués

Tableau 15. Exemples de connaissances, de questions de recherche et de concepts qui ont émergé, au cours de l'analyse, sur chacune des voies explorées.

Nous proposons de détailler ici le fruit de l'analyse agronomique conduite sur ce qui a été appris de ces pratiques : des connaissances agronomiques, des questions de recherche et des concepts (exemples dans le Tableau 15). Nous présenterons ces contributions en relation avec les trois voies de conception ouvertes (Figure 19).

☀ **Expansion au sein de la voie de conception : On contrôle les vivaces avec une pratique adaptée**

L'ensemble des agriculteurs rencontrés articule différentes pratiques, dans le temps et l'espace, pour vivre avec les vivaces dans leurs parcelles. Dans la lignée des approches technique par technique de la bibliographie (Figure 19), la traque aux innovations permet d'identifier de nouvelles techniques permettant de réduire efficacement, de l'avis des agriculteurs, les populations de vivaces. La liste de ces techniques est présentée dans l'annexe 3. Qu'a-t-on appris et comment, au travers de l'analyse des pratiques ? Nous détaillons successivement : cinq voies analytiques empruntées pour produire des connaissances sur les pratiques découvertes, puis, plusieurs manières de faire germer des inconnus (questions de recherche et concept).

Concernant la production de connaissances sur les pratiques découvertes. Une première voie consiste à **mettre en relation des techniques jusqu'alors méconnues, avec des processus agronomiques connus**. Par exemple, favoriser la concurrence sur les vivaces (un processus connu) en implantant des

variétés de blé anciennes (agriculteur 9), en cultivant du sarrasin (agriculteurs 5, 6, 8 et 10) ou du seigle (agriculteur 9) (des options techniques inconnues). L'analyse consiste aussi parfois **en l'identification de nouvelles relations entre des techniques connues et des processus agronomiques connus** mais qui n'avaient pas été envisagés ensemble. Par exemple, l'écimage du chardon, connu pour limiter la dispersion des graines - voire pour rassurer le voisinage (cf. agriculteur 9) - est pratiqué par l'agriculteur 7, au stade floraison, dans l'optique d'épuiser les réserves souterraines du chardon. En s'appuyant sur les modélisations existantes de l'évolution de celles-ci au cours de l'année, il est possible d'établir des liens plausibles entre ce que fait l'agriculteur, ce qu'il observe et ce qui est connu du comportement de cette espèce dans la littérature (**Encadré 20**).

Une seconde voie empruntée, au cours de l'analyse, repose sur **des comparaisons** : en comparant une même pratique rencontrée chez deux agriculteurs (ex. les agriculteurs 5 et 6 observent que le sarrasin limite la croissance et l'expansion du rumex) ou en s'appuyant sur les comparaisons faites par un agriculteur. Par exemple, l'agriculteur 7, comparant la luzerne et le sainfoin, note que dans des sols profonds, une luzerne, qui produit plus de biomasse, sera plus efficace que le sainfoin pour contrôler le chardon. D'autant que sur la luzerne, l'agriculteur réalise 3-4 fauches/an chaque année, deux ans de suite (restitution ou vente à un éleveur voisin), contre seulement 3-4 fauches une année sur sainfoin (la seconde année étant consacrée à la production de graines) : *« Le sainfoin est peut-être moins efficace que la luzerne compte tenu de sa physiologie, il explique que l'espèce fait une rosette au départ, et qu'elle n'est pas aussi concurrentielle que la luzerne, elle a moins de biomasse, au niveau racinaire et aérien. »* (Extrait de notes en réunion avec les conseillers partenaires du projet, 12/12/2017).

Par une troisième voie analytique, on peut **identifier des variantes d'une technique connue**, développée par des agriculteurs dans différentes situations. C'est le cas des décompactages pratiqués par les agriculteurs 1 et 3 (qui le mettent en œuvre depuis respectivement 3 et 10 ans) qui travaillent des sols contrastés, mobilisent des outils différents et à des profondeurs différentes (15 et 40 cm) mais évoquent l'activation de processus agronomiques du même type : *'provoquent un effet vagues'* (agriculteur 1) ; *'ça fait une ondulation et c'est vrai que quand on a un pivot de chardon qui se trouve comme ça, il se trouve sectionné'* (agriculteur 3).

Enfin, au travers d'une quatrième voie, l'analyse des pratiques innovantes dévoile **des critères de performance** utilisés par certains agriculteurs dans leurs raisonnements, critères qui sont absents de la littérature et pourraient nourrir des processus de conception ultérieurs. Par exemple, le couvert de trèfle 'adaptable', c'est à dire dont on peut piloter la compétitivité à la demande, évoqué par l'agriculteur 9, ou le trèfle 'adventice', qui se resème tout seul tous les ans, que les agriculteurs 6 et 7 appellent de leurs vœux.

Encadré 20. L'écimage du chardon – exemple de production d'une intelligibilité sur les effets d'une pratique - Adapté de Rodot (2018)

L'agriculteur observe depuis plusieurs années que lorsqu'il écite un chardon au stade bouton floral, celui-ci forme de nouvelles branches : « il branche... c'est un vrai dragon, tu lui coupes une tête y en a 5 qui repoussent ». Il considère qu'en produisant ces nouvelles branches, le chardon puise dans ses réserves, à un moment où il devrait pouvoir les reconstituer (après apparition de la fleur) : « ça l'oblige à reprendre dans ses réserves. Si on ne fait rien, une fois qu'il est en fleur, il fait redescendre ses réserves dans les racines et il réaccumule ». Cet agriculteur déclenche l'écimage lorsque la plupart des chardons dans le champ sont au stade bouton floral, et qu'ils dépassent d'au moins 25 cm la culture. Peu de temps après, la récolte, permet une nouvelle coupe de la plante. Il réalise cet écimage avec une écimeuse de 4m auto-construite à partir d'une rogneuse à vigne, et il a pour projet d'en acheter une de 12m pour diminuer les dégâts au champ à chaque passage.

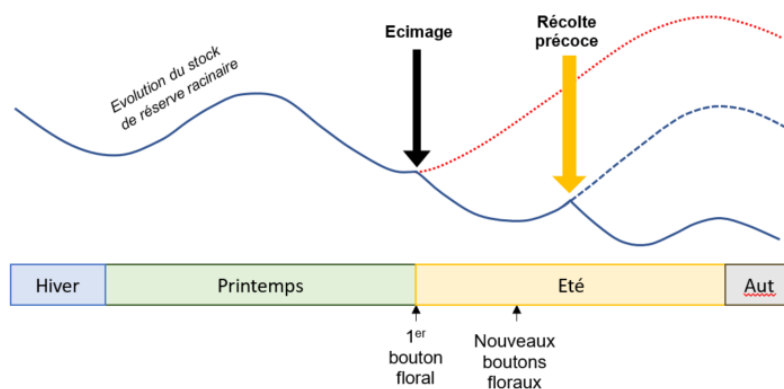


Figure 20. Modélisation hypothétique de l'évolution des réserves racinaires du chardon sans intervention (courbe bleue puis rouge), après écimage au stade bouton floral, puis après récolte précoce, à l'apparition de nouveaux boutons. L'évolution des réserves est représentée à titre indicatif, l'ordre de grandeur de cette diminution étant inconnu. D'après Rodot, 2018 - Modélisation adaptée de Favrelière et Ronceux, 2016.

Dans la littérature, on montre que les réserves racinaires diminuent quand le chardon forme sa fleur : la production de cet organe est particulièrement énergivore (Figure 20). On peut faire l'hypothèse qu'écimer un chardon au stade bouton floral le force à produire de nouvelles fleurs, ce qui lui impose de puiser, à répétition, dans ses réserves racinaires et ainsi contribuer à son épuisement. Ce processus pourrait aussi contribuer à retarder la mise en réserve : tant que le chardon n'a pas refait de fleurs, il consomme ses réserves et n'en stocke pas.

Quand est-il préférable d'écimer ? Si cet écimage intervient tard en culture, les chardons n'ont pas le temps de reformer des fleurs avant la récolte et sont alors coupés à la base par la moissonneuse quand ils sont encore à un stade sensible (environ bouton floral-floraison). C'est ce qu'a pu observer l'agriculteur en 2017 où la moisson a été assez précoce : le chardon a été recoupé alors qu'il commençait tout juste à fleurir, il venait donc de passer le stade bouton floral qui correspond au minimum des réserves et a tout juste eu le temps de commencer à reconstituer des réserves. En coupant la quasi-totalité de la plante à la récolte. Il devrait alors remobiliser des réserves pour produire de nouvelles feuilles, puisque, lorsque les chardons sont hauts avant moisson, la partie basse de la tige (non coupée par la moissonneuse) est très ligneuse et présente peu de feuilles.

Dans beaucoup de cas, l'analyse des pratiques des agriculteurs induit la **formulation de nouvelles questions de recherche**, là encore, au travers de plusieurs procédés analytiques, nous en avons relevé 3. Parfois ce sont des observations d'agriculteurs sur des états ou dynamiques du milieu, qui éclairent des points aveugles. Par exemple, l'effet de 'branchage' du chardon, au moment de la coupe des têtes, a-t-il toujours lieu et à quelle intensité ? Parfois, c'est en cherchant à rapprocher une pratique de processus agronomiques connus qu'on identifie une zone d'ombre, par exemple, le seigle a-t-il un effet allélopathique et comment s'exprime-t-il ? Ou encore : le cas de l'agriculteur 8, passant un rouleau pour briser les tiges des chardons, de manière analogue à ce qui est pratiqué pour les couverts en agriculture de conservation : à quel stade, avec quel type de rouleau, cette technique est-elle efficace ? Enfin, c'est aussi parfois des contradictions entre des interprétations des agriculteurs et la littérature qui éveillent des doutes : quel impact réel du labour sur le chardon, entre enfouissement des racines et enfouissement de la matière organique rendue disponible pour ses racines au moment du labour ?

Enfin, ce travail conduit aussi à **formuler des concepts**, c'est-à-dire des logiques d'action sur lesquelles, en l'état des connaissances dans le projet VivLéBio, il est difficile de porter un jugement. On peut considérer comme tels les applications de cendres dynamisées et diluées pour maîtriser le rumex (méthode inspirée de celles en usage en biodynamie, agriculteur 2), le pâturage des rumex ou chardons par les moutons ou encore l'isothérapie telle que pratiquée par l'agriculteur 4 pour gérer les vivaces, aucune référence scientifique ou technique n'ayant été trouvée pour interpréter ces propositions. On trouve aussi des concepts qui se rapportent à des logiques d'action qui n'avaient pas été envisagées jusqu'alors, comme l'usage d'outils conçus par les agriculteurs, et adaptés à leurs systèmes techniques (comme la sarleuse à vivaces).

☀ **Expansion au sein des deux nouveaux champs de conception : gérer les interactions entre pratiques et les services rendus par les vivaces**

En comparaison à la première voie de conception, les agriculteurs cherchent ici à gérer des combinaisons de pratiques, selon le milieu, afin que les vivaces ne soient pas un problème, voire qu'elles rendent des services écosystémiques. Qu'a-t-on appris et comment dans les deux nouveaux champs de conception ouverts par l'étude des pratiques ?

Comme évoqué dans le diagnostic, on dispose de très peu de connaissances sur des interactions systémiques entre techniques et sur les services rendus par les vivaces et leur gestion. L'analyse agronomique des pratiques a porté sur le repérage des formes d'expression des interactions systémiques évoquées par les agriculteurs et sur les types de services rendus par les vivaces, ainsi que leur gestion.

Dans plusieurs entretiens, les agriculteurs expliquent la manière dont ils combinent les pratiques, pour **les mettre en synergie**. On peut citer la combinaison binage-écimage (agriculteur 7) :

« Le binage et l'écimage apparaissent finalement comme 2 pratiques très complémentaires : le binage permet de gérer la grande majorité des chardons présents dans l'inter-rang et l'écimage permet de gérer ceux qui seraient restés sur le rang et qui montent à graines. » (D'après Rodot, 2018).

Ce même agriculteur 7 met en avant la **complémentarité** entre les déchaumages, qui détruisent les parties aériennes du chardon, et l'implantation d'un couvert d'interculture très compétitif (moutarde, cameline, radis ou sarrasin), qui empêche les nouveaux chardons, qui lèvent dans ce couvert de reconstituer les réserves racinaires : l'interculture amplifie l'effet du déchaumage. L'agriculteur 5 adopte une stratégie du même type pour le rumex, en combinant déchaumages et implantation d'une luzerne.

Parfois, ce sont plutôt des **points de vigilance sur des interactions ou des antagonismes** qui sont évoqués. On peut citer l'exemple de la gestion de la compétition entre couvert de trèfle et culture d'une céréale :

«Ce qui est difficile avec ce couvert de trèfle dans les céréales est le contrôle du trèfle dans la culture : il faut réussir à le calmer suffisamment par la fauche et le binage pour qu'il ne redémarre pas trop tôt et qu'il ne concurrence pas le blé, mais il ne faut pas le détruire totalement non plus. (...) De manière générale, quelle que soit la densité de trèfle, il concurrence forcément le blé. Mais en retour, la fourniture d'azote est tellement importante que l'opération est bénéfique. Je récolte des blés qui sont en général à 16-17 en taux de protéines » (extraits de l'entretien avec l'agriculteur 7) ce qui lui assure un débouché : les blés bios ayant en effet plutôt tendance à être limite en protéines, son blé est donc recherché et il est sûr de le vendre à un bon prix.

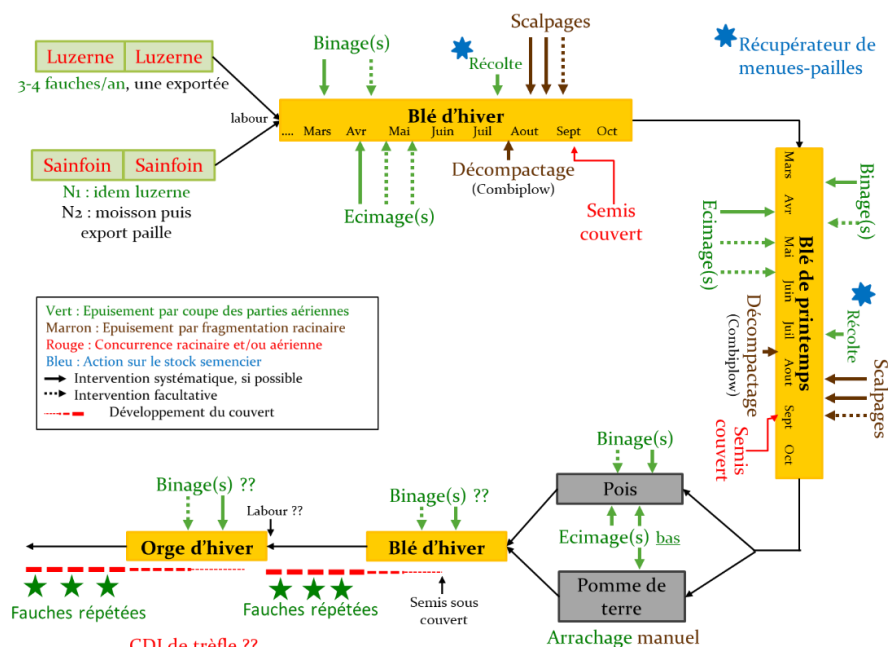


Figure 21. Représentation visuelle du panorama de pratiques qu'adapte l'agriculteur 7 en fonction de l'évolution des états du milieu cultivé. La légende, dans l'encadré noir rend compte des principaux processus agronomiques en jeu stimulés par les pratiques (d'après Rodot, 2018).

L'agriculteur 7 décrit une **stratégie pluriannuelle**, enchaînant différentes pratiques dont il raisonne la complémentarité. La Figure 21 récapitule cet enchaînement de pratiques. Les agriculteurs rencontrés insistent sur l'intérêt de ces combinaisons, et étudier leurs pratiques met en évidence l'étendue des questions de recherche, concernant l'effet de ces interactions sur les populations de vivaces (Tableau 15).

Enfin, 5 agriculteurs parmi les 10 enquêtés ont évoqué le fait qu'ils considèrent que **les vivaces leur sont utiles**, prenant le contrepied de la première voie de conception (où la vivace est considérée comme un nuisible). Certains ont observé que les ronds de chardons pouvaient constituer **un habitat favorable** pour différentes espèces animales. Les observations de l'agriculteur 7 vont dans ce sens :

« Et puis le chardon après, c'est un puits de vie, c'est incroyable. Les ronds de chardon, moi je me suis bricolé une écimeuse quand on passe là-dedans dans des chardons en fleur, y a des abeilles, y a des grosses sauterelles vertes qu'on voit plus maintenant. Moi j'en vois depuis que je suis en bio et que j'ai des ronds de chardons ; dans les ronds de chardons y a d'énormes sauterelles vertes qu'on voyait quand on était gamin et qu'on voit plus du tout aujourd'hui. Les perdrix elles sont dans les ronds de chardons, les lièvres ils sont dans les ronds de chardon parce qu'ils ne sont pas idiots, le renard il leur saute dessus. Donc avant de sauter dans un rond de chardon, il doit quand même y réfléchir à deux fois. C'est flagrant ! A l'écimage quand on passe dans un rond de chardon ça vole de partout, ça part dans tous les sens, les lièvres, les perdreaux. » (Extrait entretien agriculteur 7)

D'autres considèrent que ces adventices peuvent servir **d'indicateurs d'états du milieu cultivé**. Comme les agriculteurs 1 et 5, qui considèrent que le rumex se développe dans des compactés et acides, et l'agriculteur 8 qui rapproche la présence du chardon du surpâturage d'une zone de ses prairies. Enfin, certains considèrent les vivaces comme **des sources de nourriture pour leurs élevages** (ex. fourrage, agriculteur 8).

Au moment de l'étude, on disposait de très peu de connaissances sur ces différents services rendus par les vivaces, qui ouvrent chacun des questions de recherche, et invitent à formuler de nouveaux concepts : de quels auxiliaires de culture le chardon est-il hôte ? A quelles conditions des vivaces peuvent-elles servir de tuteur en culture de lentille ? Ou encore, que seraient 'des chardons domestiqués' (Tableau 15).

4.4. Usage des résultats de l'étude de pratiques innovantes au cours d'ateliers de conception

Que faire de ce qui a été appris sur les pratiques innovantes d'agriculteurs dans le projet VivLéBio ? Plusieurs voies sont aujourd'hui explorées par les porteuses du projet, et, au cours de notre collaboration, c'est au travers d'un atelier de conception 'de modalités de gestion des vivaces', que certains résultats ont été mobilisés. Au cours de l'atelier, ces résultats ont permis à la fois (i) d'enrichir les connaissances mises en partage avec les participants et (ii) de formuler des concepts projecteurs, visant à orienter vers des champs inconnus l'exercice collectif de conception.

Concept projecteur	Exemples de voie de conception explorée	Exemples de connaissances évoquées en relation avec l'exploration de la voie	Exemples de questions de recherche associées
Vivre avec chardon sans travail du sol ni luzerne	De nouveaux outils pour une conduite des cultures sans travail du sol ni luzerne	Si non travail du sol : besoin d'un couvert du sol permanent pour maîtriser le chardon – choix du trèfle blanc (ou lotier ? ou lentille – moins résistante au gel ?...) qui ne concurrence pas trop les cultures en hauteur. Rotation de céréales et oléagineux : Blé / Triticale / maïs / tournesol. Comment gérer le couvert de trèfle ? En hiver : pâturage par des moutons en faisant appel à un berger itinérant (expérience d'un agriculteur), sinon fauche, broyage... En cours de culture, besoin d'un outil spécial qui soit adaptable aux évolutions du milieu cultivé : proposition d'une 'écimeuse modulable en hauteur' - avec lames de tondeuse, passant dans des inter-rangs de 25 cm ; capable d'écimer au-dessus des cultures et le trèfle en inter-rangs en cours de culture - un passage tous les mois : Mai, Juin, Juillet, avant récolte (...)	Quels sont les seuils de nuisibilité du chardon ? Comment se répartit le chardon dans l'espace (évolution des ronds) ? (...)
Une gestion autonome du chardon	Une gestion du chardon autonome car on ne travaille pas 'pour lui' = un système de culture qui gère de manière autonome le chardon	Choix de cultures et de conduites qui, indirectement, permettent de gérer le chardon (ex. 'quand tu fais un décompactage pour refaire ta structure, tu ne fais pas ça spécifiquement pour le chardon'). Choix d'une succession de cultures où installation d'un couvert végétal quasi-permanent : intérêt du trèfle par rapport à la luzerne - s'il y a un trou dans la culture 'ça se bouche immédiatement'. Lorsque pas de couvert : choix de cultures 'étouffantes' (seigle / lentillon). Le trèfle en féverole 'ça marche pas' et risque important de développement de renouées-liseron (...)	Quelles sont les opérations qu'on fait pour autre chose que pour le chardon mais qui contribuent à maîtriser le chardon ? Quelles variétés de trèfle sont les mieux adaptées, en couvert, selon les espèces cultivées ? (...)
Vivre en harmonie avec les chardons	Un chardon avec lequel on est en harmonie, car on peut le valoriser	On peut le valoriser comme : plante médicinale (une plante en plus dans les biocoop ?), désherbant (analogie évoquée par un agriculteur avec la valorisation des feuilles de rumex macérées et utilisées comme désherbant), plante 'défensive' (analogie avec les plantes pièges à nématodes par exemple), ... Condition : que le chardon s'auto-régule (la présence constante des chardons sur les bords de route – un indice que pas d'autorégulation ?), être attentif à la diversité des populations de chardon, un agriculteur en a identifié trois différentes dans son champ.	Quand le chardon commence-t-il à dépérir s'il est en surpopulation (autorégulation) ? Quelles sont les différentes populations de chardons présents dans nos champs ? Quelles vertus médicinales du chardon ? ...

Tableau 16. Exemples des explorations réalisées en relation avec les concepts projecteurs proposés au cours d'un atelier de conception.

Lors du ‘partage de connaissances’, les résultats de la traque ont permis d’enrichir les propositions émergeant de travaux de R&D : à la différence de propositions issues d’expérimentations, elles émergeaient de ‘pratiques’ d’agriculteurs et avaient fait leurs preuves en conditions réelles. Ces propositions complétaient les connaissances issues de travaux de R&D sur plusieurs plans : (i) en rendant compte de pratiques ‘décalées’ vis-à-vis de propositions de la R&D (ex. l’isothérapie, le pâturage des vivaces par l’élevage, le couvert de trèfle pluriannuel, ...), (ii) en faisant état de logiques d’action systémiques (ex. les combinaisons d’actions mises en œuvre par l’agriculteur 7), et, (iii) en montrant que des connaissances agronomiques décontextualisées sur les vivaces (ex. modélisation de l’évolution des réserves racinaires, concurrence, extraction...) permettaient de comprendre et d’imaginer des pratiques contextualisées dans une ferme. Cet état des connaissances, proposé par les porteuses du projet, a donné lieu à des échanges entre participants (à quelles conditions cela fonctionnait-il ? Que sait-on de l’effet de telle pratique sur les ronds de chardons ? ...), et a ensuite servi de point d’appui pour engager des discussions autour des expériences des agriculteurs présents : que font-ils chez eux ? Comment ? Quelles questions se posent-ils ? ... Ces échanges ont permis d’enrichir l’état du connu – qui a en partie été formalisé en temps réel sur une modélisation CK - (certains faisaient pâturer le chardon des moutons, d’autres cultivaient du maïs avec du trèfle d’alexandrie pour favoriser la concurrence sur chardon, un autre semait de la luzerne dans les céréales...).

Ensuite, trois concepts projecteurs ont été proposés aux participants à partir des trois voies de conception ouvertes suite à la traque aux pratiques innovantes (Tableau 16). Ces concepts visaient à orienter, dans différentes directions, le travail collectif de conception, dans l’objectif d’enrichir à la fois les échanges au cours des restitutions collectives et ce qui pourrait être valorisé dans le cadre du projet.

Un premier sous-groupe a exploré le concept ‘une gestion du chardon sans travail du sol ni luzerne’, qui, au cours des échanges, a été progressivement orienté vers la conception simultanée d’outils agricoles et de systèmes de culture sans travail du sol ni luzerne. Par exemple, une rotation avec couvert de trèfle permanent a été imaginée, avec, en cohérence différents outils comme ‘une écimeuse modulable en hauteur’, construite avec des lames de tondeuses (interchangeables selon la largeur des inter-rangs) qui, positionnées à la verticale, permettraient à la fois d’écimer le dessus des cultures et de permettre de gérer le développement du trèfle à différentes hauteurs dans des inter-rangs aux largeurs variables.

Un autre sous-groupe s’est penché sur ‘une gestion autonome des chardons/laiterons’. Après des discussions autour de ce que signifie ‘autonome’ (le chardon se gère tout seul, on fait tout pour qu’il ne soit plus là, c’est le système de culture qui le gère ?), deux voies ont été explorées : ‘on fait tout pour qu’il ne soit pas là en lui mettant la pression’ et ‘une gestion du chardon autonome car on ne travaille pas pour lui’. Notamment, cette seconde voie a donné lieu à des propositions de successions de cultures et de conduites qui permettent de gérer le chardon sans chercher à agir directement sur lui (ex.

installation d'un couvert végétal quasi-permanent, relayé dans la rotation par des cultures étouffantes, ... cf. Tableau 16).

Enfin, un troisième sous-groupe a exploré ce que pouvait être 'vivre en harmonie avec les chardons'. De premières discussions ont permis de rendre compte d'une diversité d'acceptions de 'vivre en harmonie' : pour certains 'il est impossible de vivre en harmonie avec le chardon' et cette harmonie n'est pour eux possible que s'il n'est pas visible et ne pénalise pas le rendement ; d'autres ont proposé que ce soit 'un chardon qui ne pose pas de problème', ou encore, il a été proposé de considérer qu'être en mesure de valoriser le chardon pourrait permettre de vivre avec lui en harmonie. Sur cette dernière voie, il a été proposé d'explorer les propriétés médicinales du chardon, son potentiel désherbant (par analogie avec l'usage de feuilles de rumex macérées et utilisées comme désherbant – technique connue d'un agriculteur), ou encore, de l'envisager comme plante 'défensive' (par analogie aux plantes pièges à nématodes).

Dans chaque groupe, ce travail a mis en évidence des trous de connaissances, perçus par les participants au cours des explorations (ex. Quels sont les seuils de nuisibilité du chardon ? Quelles variétés de trèfle sont les mieux adaptées, en couvert, selon les espèces cultivées ? Quelles vertus médicinales du chardon ?).

5. Discussion intermédiaire

Cette discussion s'organise autour de quatre volets : dans un premier (§5.1.) nous discuterons de quelques pistes de recherche qui émergent de ce travail concernant la gestion des adventices vivaces en AB, nous discuterons ensuite (§5.2.) de formes de contributions de l'étude de pratiques innovantes à des dynamiques de conception ; puis, nous identifierons des pistes méthodologiques suggérées par les résultats de ce travail et, enfin, (§5.4.) nous situerons l'étude de pratiques innovantes dans une dynamique partenariale.

5.1. Des pistes de recherche pour 'vivre avec les vivaces'

A ce jour, les travaux de recherche qui s'intéressent aux pratiques de gestion des vivaces sont rares. Par ce travail, et dans la lignée d'autres travaux sur des thématiques différentes (ex. Pelzer et al., 2014 ; Salembier et al., 2016 ; Lamé et al., 2017), nous montrons d'abord la richesse de ce que peuvent nous apprendre des pratiques d'agriculteurs pour stimuler les travaux de Recherche & Développement en agronomie, dans un champ – ici la gestion des vivaces en transition vers l'AB – pavé d'inconnus.

Les résultats de ce travail contribuent à mettre au jour deux points de fixation majeurs, souvent implicites, dans les travaux de recherche sur ces vivaces : (i) le fait de systématiquement considérer ces adventices comme des nuisibles ; (ii) le fait d'envisager que leur gestion en AB repose sur l'addition de techniques élémentaires (aussi évoqué dans Favrelière et al., *en cours* – sur le cas du chardon). Les pratiques des agriculteurs nous invitent, ici, à questionner et enrichir nos représentations (l'**Encadré 21** illustre, dans ce sens, la richesse de la notion même 'd'adventice').

Le virage consistant à ne plus considérer comme 'nuisibles' les entités biotiques 'non choisies' sur les parcelles a déjà fait l'objet de différents travaux, portant notamment sur l'ancrage social de représentations collectives (il est classique en agriculture, de qualifier de 'champ propre', un champ où aucune adventice n'est visible). En ce sens, la remarque de l'agriculteur 8, concernant le fait que les vivaces sont d'autant plus craintes qu'elles sont 'grosses et visibles', constituerait une piste intéressante à creuser pour aider les agriculteurs à relativiser les impacts réels des vivaces dans les cultures (ex. comment observer les vivaces pour ne pas avoir une appréciation tronquée de leurs impacts réels ?).

Les résultats de cette traque aux pratiques innovantes ouvrent différentes pistes de travail en agronomie. Une première se rapporte à l'intérêt de ces vivaces. Leur rôle, dans les pratiques, comme plantes indicatrices des états du milieu pourrait être une piste à creuser dans l'optique d'une gestion des milieux cultivés comme des agroécosystèmes aux équilibres mouvants. Les observations d'agriculteurs constituent, pour ce genre de travaux, des ressources précieuses, qui pourraient être enrichies d'études sur le comportement de ces vivaces dans différents environnements et d'une exploration plus systématique de ce qui est connu sur le sujet dans la littérature scientifique. Dans la même idée, le potentiel de ces vivaces comme plantes refuges pour la biodiversité, et en particulier pour des auxiliaires,

encore méconnu dans la littérature, mériterait d'être creusé pour envisager une autre manière de les gérer (dans la lignée de travaux comme ceux de Marshall et al., 2004, qui rendent compte de services rendus par certaines adventices).

Un enjeu, largement évoqué par les conseillers partenaires du projet, est d'avancer dans la compréhension du comportement des populations de vivaces au champ, en s'appuyant par exemple, comme le suggèrent Doré et al. (2011), sur les avancées récentes en Plant Science. Mais il semblerait que les scientifiques travaillant sur cette thématique soient rares aujourd'hui.

Parmi les 10 agriculteurs enquêtés, tous ont recours à des travaux du sol, et mettent en œuvre dans ce domaine des pratiques très diversifiées. Notamment, nous constatons que 5 agriculteurs ont conçu eux-mêmes les outils qu'ils mobilisent, afin de les adapter aux systèmes agricoles dans lesquels ils travaillent. L'importance de ce domaine d'innovation, le machinisme agricole pour l'agroécologie, est à nouveau souligné ici, rejoignant les résultats du chapitre 3. Plusieurs pistes de recherche ont été ouvertes concernant le travail du sol et le roulage, par exemple : quel effet réel du labour sur les adventices ? Quelles sont les conditions d'efficacité du passage d'un rouleau pour briser des tiges de chardon ? Comment gérer des ronds de chardon aux stades contrastés ? ... D'autres pratiques, comme l'écimage du chardon pour contribuer à son épuisement pourraient faire l'objet de travaux, d'autant que l'écimage est déjà mis en œuvre par beaucoup d'agriculteurs (contraintes légales). Le couvert de trèfle pluriannuel nous semble aussi être une piste intéressante à creuser dans le contexte actuel puisque l'adaptabilité dont il semble faire preuve est une propriété particulièrement recherchée dans le contexte de transition vers des systèmes écologisés (Darnhofer et al., 2010 ; Lemery et al., 2005). Creuser certaines de ces pistes pourrait enrichir la gamme des techniques parmi lesquelles un agriculteur pourrait puiser pour les adapter à sa situation et gérer les vivaces dans des systèmes en AB sans élevage. La présence d'élevage dans l'exploitation offre des potentialités supplémentaires, qui mériteraient aussi d'être étudiées, comme le pâturage des vivaces.

Par ailleurs, les approches systémiques de la gestion des vivaces par ces agriculteurs entrent en résonance avec la mise en avant des approches systèmes, dans l'optique d'une transition agroécologique (Meynard, 2017). Quelles connaissances produire pour aider les agriculteurs à gérer les interactions entre pratiques, en adaptant leurs choix à leurs critères de performance, à leurs ressources et aux conditions du milieu ? Les récits des agriculteurs ayant, sur la base de leur expérience, construit des logiques systémiques de gestion des vivaces peuvent constituer des sources d'hypothèses, et de renouvellement des modèles conceptuels, ou plus précisément de passer d'un modèle conceptuel considérant les techniques sans lien les unes avec les autres, à un modèle conceptuel systémique, prenant en considération les synergies, antagonismes, et interactions entre techniques. Pour stimuler la conception sur ces interactions, nos échanges avec les porteuses du projet et au cours des ateliers de

conception laissent penser qu'une entrée par les processus agronomiques (ex. concurrence, extraction, effet 'tuteur' de l'adventice...) serait une voie particulièrement féconde.

5.2. Contributions de l'étude de pratiques innovantes à la conception

Ce travail éclaire trois formes de contributions de l'étude de pratiques innovantes à des activités de conception en agronomie.

La première est de mettre au jour, par l'analyse des pratiques innovantes, des représentations implicites sous-jacentes à l'élaboration des prescriptions agronomiques (la vivace comme nuisible, le raisonnement technique/technique). C'est par l'analyse en profondeur ce qui a été appris des pratiques et par la confrontation aux représentations des concepteurs en agronomie que nous avons mis au jour ces représentations. En particulier, c'est au travers de plusieurs processus épistémiques engagés par l'analyse agronomique des pratiques innovantes, qu'émergent l'organisation des liens systémiques qu'a explicités l'agriculteur qui entrent alors en dialogue avec ce que connaît le concepteur et la façon dont on se représente les pratiques dans des corpus de connaissances agronomiques. En agriculture, ce processus nous semble particulièrement intéressant dans un contexte de transition où on cherche à renouveler les logiques de production, reposant encore largement sur des représentations héritées de l'histoire (Barbier et Goulet, 2013 ; cf. aussi résultats du chapitre 1).

La seconde forme de contribution se rapporte à la production de connaissances, de concepts et de questions de recherche, qui enrichissent les explorations au cours des processus de conception (Hatchuel et Weil, 2003), et nous mettons au jour une série de modalités d'analyse qui y contribuent (§ 4.3). Dans les ateliers de conception, nous montrons aussi comment les connaissances, concepts et questions issus de la traque aux innovations contribuent à enrichir les explorations de nouvelles modalités de gestion au sein d'un projet partenarial.

Pour aller plus loin – ce sera la troisième forme de contribution - l'équipe d'AGT-RT propose de mettre en circulation (c'est à dire de diffuser aux agriculteurs et conseillers) les contenus agronomiques issus de la traque. Cette mise en circulation des résultats a été évoquée au cours de notre collaboration ; elle pose de nombreuses questions : que mettre en circulation ? Pour qui ? Pour quelle situation d'usage ? Via quels formats (formation, support écrit, vidéo...) ? Quelles connaissances supplémentaires serait-il nécessaire de produire ? En vue de soutenir quel type de 'gestion des vivaces' (cf. les trois voies mises au jour) ? En vue d'une valorisation à court terme, les porteurs du projet et les conseillers partenaires ont envisagé de mettre en circulation les récits d'agriculteurs, comme des pratiques contextualisées qui pourraient en inspirer d'autres (cf. chapitre 2), mais ils envisageaient aussi de travailler sur les modalités et conditions d'adaptation des pratiques innovantes dans d'autres situations (ex. quels indicateurs pour déclencher, suivre, juger de l'effet de l'action ?). Une difficulté majeure, qui émerge ici, de nouveau concerne la gestion de la diversité des 'preuves' auxquelles ont été soumis les contenus rassemblés dans le diagnostic (cf. 4.1.) et ensuite produits au cours de l'analyse (cf. 4.3.). Ce constat nous appelle, là

encore, à travailler sur les formes de preuve et leur organisation en vue de leur mise en circulation en agronomie.

5.3. Des pistes méthodologiques pour conduire une traque en situation de conception

Dans ce travail, nous avons cherché à organiser une traque aux pratiques innovantes en relation avec une activité de conception. Pour ce faire, nous avons proposé plusieurs pistes méthodologiques, qui contribuent à enrichir les travaux sur la traque aux pratiques innovantes.

Nous nous sommes appuyées sur l'état de l'art – étape classique d'un travail de recherche, moins fréquente dans le développement - comme d'une ressource pour porter un diagnostic sur le champ de conception, dans l'objectif d'identifier des voies de fixation collective (Agogué, 2012) et de formuler des concepts originaux permettant d'orienter le repérage des pratiques innovantes. En formulant ces concepts, nous cherchions à nous écarter des voies les plus connues par les conseillers et, plus généralement, les acteurs de la R&D : sans luzerne, sans déchaumage d'été, voire sans travail du sol. Cette manière d'identifier des pratiques innovantes, en cherchant à se démarquer d'une norme régionale, d'une pratique dominante, se retrouve dans d'autres travaux ; par exemple, Salembier et al. (2016) «traquent » des systèmes de culture plus diversifiés que la quasi-monoculture de soja qui domine dans la Pampa Argentine ; Lamé et al. (2015) ou Dupré et al. (2015) recherchent en France des agriculteurs cultivant des associations interspécifiques, alors que la majorité cultive des peuplements monospécifiques (cf. chapitre 2).

Au long du travail, nous nous sommes appuyés sur une modélisation CK (Hatchuel et Weil, 2003) pour 'rendre visible', suivre et orienter les activités de conception. Si cette formalisation nous a permis de dresser un diagnostic concernant l'organisation du champ de conception (cf. supra), la modélisation CK offre peu de clés sur l'organisation des connaissances agronomiques. Nous avons appréhendé celle-ci au regard des contenus agronomiques disponibles et produits : à la fois la nature de ces contenus (à quoi ces contenus se réfèrent-ils ?) et les relations systémiques entre connaissances (ce qui pourrait être rapporté à la structure de ces connaissances, Le Masson et al., 2013), que nous avons catégorisés. Cette catégorisation se rapporte à ce que nous pouvons appeler « la logique agronomique des pratiques », concernant en particulier le projet et la situation de l'agriculteur, ses actions, ses conditions d'action, les ressources qu'il mobilise pour agir, ses indicateurs, performances, les processus agronomiques en jeu ainsi que les relations systémiques ces différentes dimensions.

Concernant l'opérationnalisation de cette 'analyse des pratiques', nous rendons compte de processus épistémiques souvent implicites dans les travaux de recherche. La conduite d'entretiens dans le cadre de l'étude de pratiques a par exemple très peu fait l'objet de productions méthodologiques en agronomie, alors que, comme nous le montrons dans ce travail, c'est dès ce moment que s'initie l'analyse agronomique et la gestion de l'émergence de nouveaux inconnus (on rejoint ici un résultat du chapitre

2). Nous proposons une démarche, inspirée de travaux en sciences sociales (Blanchet et Gotman, 2007) et adaptée aux objets en agronomie. D'autres propositions ont été faites concernant la conduite des entretiens, pour des objectifs variés, et un travail de synthèse sur la relation entre les objectifs attendus et les modalités de conduite des entretiens serait très utile en agronomie.

Ce travail enrichit aussi notre compréhension des processus épistémiques engagés en aval de l'échange, qui permettent de gérer l'émergence d'inconnus et renvoient aux formes de la complémentarité entre connaissances situées et connaissances décontextualisées, décrites dans d'autres travaux : (i) rendre compte d'une connaissance agronomique générique dans une gamme de situations ; (ii) reformuler des connaissances théoriques vis-à-vis de la diversité des situations rencontrées, deux processus décrits par Toffolini et al. (2017) concernant l'usage, par des agriculteurs, de connaissances théoriques. (iii) Enrichir les relations entre des techniques et des processus agronomiques ; (iv) rendre compte de comparaisons entre techniques ; (v) identifier des lacunes de connaissances (comme Girard et Navarrete, 2005). Nous montrons aussi l'intérêt de porter une attention particulière aux comparaisons, synergies, antagonismes qu'évoquent les agriculteurs, pour produire des connaissances sur des relations systémiques, qui constituent des repères souvent au-delà de la situation de l'agriculteur. Enfin, parce qu'ils sont susceptibles de stimuler l'exploration des concepteurs, nous proposons aussi de rendre compte de concepts sur lesquels, en l'état des connaissances, il n'est pas possible de produire un jugement.

5.4. Situer la traque aux pratiques innovantes dans une dynamique partenariale

Nous discutons ici pour terminer de la dimension collective qu'engage le travail de traque aux pratiques innovantes, d'abord au long de sa réalisation, puis, dans le rôle qu'il peut jouer dans un processus collectif de conception.

Différents acteurs ont été mobilisés au long de la réalisation de la traque aux pratiques innovantes. Des agriculteurs enquêtés, bien sûr, mais aussi d'autres agriculteurs, impliqués dans les ateliers de conception. Les conseillers (des réseaux Chambres d'Agriculture et GAB) partenaires du projet ont contribué de plusieurs manières : en réagissant sur la formulation des concepts, en fournissant des contacts hors-région, et en interagissant sur les pratiques qui ont été rencontrées. Les acteurs de la R&D hors-région ont aussi joué un rôle central dans le repérage des agriculteurs et la légitimation pour les rencontrer. Ces interactions ont été l'occasion, au cours des échanges, de mettre en lumière des divergences entre ce qui fait « inconnu » pour certains, ou ce qui fait « désirable » pour d'autres (on retrouve ici des résultats du chapitre 2). La contribution de l'ensemble de ces acteurs rend compte du fait que l'étude de pratiques innovantes renforce et prend appui sur une organisation, caractéristique du monde agricole, dans laquelle la production de connaissances est 'distribuée' entre différents acteurs (Girard, 2014). Un enjeu, dans de tels projets, à partir des concepts émergeant de l'étude de pratiques

(ex. l'application de cendres en biodynamie), est de parvenir à définir avec les partenaires lesquels des concepts sont 'désirables' (et donc sur quoi poursuivre les explorations).

De fait, l'étude des pratiques innovantes n'est que l'une des voies empruntées dans le projet, pour explorer des modalités de gestion des vivaces en AB. L'expérimentation de systèmes innovants, en particulier, est mobilisée, en complément de la traque et des ateliers : elle permet de vérifier certaines hypothèses concernant l'efficacité de la conjonction de plusieurs techniques sur les populations de vivaces. Un grand nombre d'inconnus émergent suite à l'étude de pratiques d'agriculteurs : au-delà du cas de VivLéBio, un enjeu sera d'apprendre à articuler la traque avec d'autres démarches de l'agronomie système (diagnostic agronomique, expérimentation système...) pour poursuivre les explorations, mais aussi produire dans les projets de R&D des logiques d'action génériques, des règles d'action ou encore des témoignages nourris de connaissances à caractère plus générique (i.e. aidant à la contextualisation et à la décontextualisation entre situations). L'une des difficultés d'un tel enjeu sera de concilier l'exploration de l'inconnu (qui émergent au cours de la traque) avec les standards des projets de R&D, dans lesquels les tâches, les partenaires, les temporalités et les livrables sont fixées a priori, dès le début du projet.

Encadré 21. Mauvaise herbe - suite - D'après 'Les Mots de l'agronomie', Par Pierre Morlon et Nicolas Munier-Jolain

« What is a weed ? A plant whose virtues have not yet been discovered » (Emerson, 1878.).

La très vieille notion de mauvaise herbe qualifie intrinsèquement de nuisibles des espèces végétales, de même qu'on a longtemps décrété nuisibles des espèces animales comme les rapaces et les renards. Or ces plantes peuvent être mauvaises et bonnes à la fois.

Hill & Ramsay (1977) donnent une liste des rôles positifs des mauvaises herbes : protéger le sol contre l'érosion en le couvrant ; abriter des auxiliaires ; par leurs racines profondes, ouvrir la voie à celles des cultures et faciliter le drainage ; remonter à la surface des oligo-éléments ; dans les agricultures de subsistance, servir de fourrage ou plantes médicinales. Elles peuvent être indicatrices des conditions du sol, ce qui en permet une meilleure gestion. Ajoutons le rôle de ressource alimentaire pour la biodiversité : papillons et autres insectes, oiseaux... (Holland et al., 2006 ; Marshall et al., 2004 ; Wilson et al., 1999).

Au XVIII^e siècle, cette ambivalence a conduit à adopter le terme neutre d'adventice : « Adventice, terme de jardinier. Les plantes adventices sont celles qui croissent sans avoir été semées » (Diderot, 1776). Les repousses des cultures précédentes sont des adventices, sans être des mauvaises herbes ! »

DISCUSSION GENERALE DE THESE ET CONCLUSION

Cette discussion générale abordera d'abord le point de vue de l'agronomie (§1), puis celui des design sciences / sciences de gestion (§2), avant de s'intéresser aux implications pratiques et aux perspectives du travail (§3).

1. Etudier des pratiques jugées innovantes d'agriculteurs pour stimuler l'exploration d'espaces inconnus en agronomie

S'intéresser aux activités de conception en agronomie renvoie à s'intéresser à la fois à ce qui est généré en appui à l'évolution des pratiques agricoles, au processus qui y préside et aux manières de naviguer, collectivement, dans des espaces inconnus, ainsi qu'à ce qui est considéré comme 'désirable' pour l'agriculture. Ces activités de conception s'opèrent dans des lieux, des institutions, des configurations humaines très variées, et visent la génération d'objets qui ont en commun d'incarner une intention prescriptive, c'est-à-dire une volonté de soutenir l'évolution des pratiques en agriculture. Dans cette thèse, les dynamiques actuelles de la R&D agricole nous ont conduits à formuler l'hypothèse qu'étudier des pratiques d'agriculteurs jugées innovantes serait une voie (empruntée aujourd'hui par certains acteurs) pour enrichir ces activités de conception, et, plus largement, les dynamiques collectives de changement.

En explorant cette piste, les résultats de ce travail contribuent à l'étude des « *itinéraires de production de savoirs agronomiques pour le développement* » (Entretiens du Pradel, 2016), dont les réalisations posent aujourd'hui de nombreuses questions en agronomie (Doré et Le Bail, 2016 ; Meynard, 2016).

Cette première section de discussion s'organise de la manière suivante : dans un premier paragraphe (1.1.) nous discutons de spécificités de l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs, vis-à-vis d'autres approches en agronomie. Dans le second paragraphe (1.2.) nous évoquons certaines contributions de ces études aux activités de conception, et dans le troisième (1.3.), nous discutons de l'ancrage de ces études dans l'organisation d'un système de conception distribué au niveau des territoires agricoles.

1.1.L'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs, ou : comment faire émerger et gérer des inconnus à partir de pratiques existantes ?

Pour discuter des spécificités de l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs aujourd'hui, nous proposons de partir de l'exemple d'un travail pionnier dans les années 1970 sur l'étude de pratiques d'éleveurs, travail conduit par Cristofini et al. (1978).

Dans ce travail, les auteurs se donnent pour objectif de caractériser les pratiques d'élevage en Castagniccia, une petite région de Corse, dans l'optique de proposer 'des voies de développement' pour

l'agriculture locale. Après avoir présenté le contexte général de l'étude, les auteurs proposent la démarche de recherche suivante : « *Comment se combinent ces divers éléments [...] au sein d'un même élevage ? Pourquoi certains éleveurs cultivent-ils des fourrages sur quelques hectares et élèvent-ils 150 brebis, alors que d'autres font parcourir le territoire en permanence à un troupeau de 10 vaches ou de 40 porcs, ou achètent des fourrages pour alimenter 80 chèvres alpines ? Ces questions ont été abordées, en premier lieu, auprès de quelques éleveurs en vue de procéder à une analyse fine du fonctionnement et des résultats de leurs élevages. Ensuite, l'enquête s'est poursuivie chez un plus grand nombre d'éleveurs afin de mieux saisir la diversité des systèmes existants ; enfin, auprès d'un échantillon aléatoire de 31 élevages pour situer leur représentativité* ». Par ce travail, ils identifient plusieurs « systèmes de pratiques » types « cueillette et surveillance », « cueillette et pâturage aménagé »... Et, des surprises émergent comme le « constat insolite » que « *Le territoire utilisé, l'effectif du troupeau, la race et même l'espèce, qui sont, ailleurs, des caractéristiques de structures d'exploitation relativement stables, apparaissent en Castagniccia souvent très mobiles*⁶² », la conclusion du travail est la suivante : « *Certaines Pratiques observées en Castagniccia, notamment celles de cueillette, sont trop souvent jugées dépassées, inadaptées, de même que les systèmes d'élevage dans lesquels elles s'insèrent. Cela parce que leur logique échappe aux analyses courantes et que les interventions habituelles n'ont pas de prise sur elles. Elles 'dérangent' en effet les modèles disponibles de conseils, d'aides et de formation. Ces pratiques ne sont-elles que les résidus de systèmes passés, peut-être légèrement modifiés, ou contiennent-elles des innovations que les éleveurs eux-mêmes ont élaborées pour affronter des situations nouvelles, consécutives à la forte réduction de la population active permanente ?* ».

Ainsi, deux types de résultats émergent de ce travail : une modélisation des systèmes d'élevage de cette microrégion, et ces 'surprises', sur des pratiques déviantes, originales. Cette démarche présente des traits communs avec un grand nombre de travaux portant sur l'étude de pratiques d'agriculteurs (présentées dans la problématique – 1.2.), réalisés depuis en agronomie et en zootechnie, à savoir que ce sont d'abord **les « types de fonctionnement », caractérisés par des régularités, des invariants** qu'on cherche à modéliser sur des échantillons représentatifs, et/ou des **problèmes à résoudre** qu'on souhaite voir émerger (cf. le Diagnostic Agronomique Régional, partie 1 - problématique). Dans ces cas-là, si des surprises émergent, au fil de l'eau, c'est souvent sans avoir été recherchées a priori.

Dans les initiatives que nous avons étudiées, une différence majeure se situe dans le fait que ce ne sont pas les régularités, les invariants qui sont recherchés, ce sont ces 'surprises' : on cherche à étudier des pratiques justement parce qu'elles sont singulières, hors-normes. En particulier, ceux qui souhaitent les

⁶² Par exemple, « *un berger réduit le nombre de ses brebis devant la progression du maquis, plutôt que de mettre en oeuvre des techniques culturales qui lui auraient permis d'alimenter son troupeau ; lorsque le maquis devient trop important, il change de territoire et adapte l'effectif de ses animaux à ses nouveaux parcours. De même, si un propriétaire foncier interdit les vaches sur sa parcelle, l'éleveur, au lieu de la clôturer et de la mettre en défens, préfère mener son troupeau dans une autre commune* ».

étudier s’y intéressent parce qu’elles leur sont inconnues (on peut parler d’anomalies – c’est-à-dire un « *écart par rapport à une norme ou un repère* », d’après le CNRTL), mais aussi parce qu’elles incarnent des valeurs qui, pour ceux qu’elles intéressent, constituent des pistes d’avenir pour l’agriculture. Ainsi, étudier ces pratiques ‘innovantes’ procède d’un désir de changement, qui conduit à désigner et, parfois, ‘permet de voir’ des façons de faire qui incarnent, pour celui qui s’y réfère, un renouveau en agriculture. Comment étudie-t-on des pratiques singulières, ancrées dans des situations, dans des expériences, est l’une des questions que nous avons cherché à instruire au travers des différents chapitres de résultats. En particulier, nous revenons ici, en relation avec notre intérêt pour les activités de conception, sur la manière dont on **gère l’exploration dans ‘l’inconnu’ dans ces situations** (comment ce qui est inconnu émerge, évolue, est infléchi...). Girard (2014) identifie cette question de la « gestion de l’ignorance » (pour reprendre ses termes), comme un enjeu majeur à la fois pour les agriculteurs, en pratique, mais aussi, de notre point de vue, pour l’avenir de l’agronomie. Dans les cas que nous avons étudiés, plusieurs voies sont empruntées pour gérer l’exploration d’inconnus, à différents moments de l’étude de pratiques innovantes. Nous proposons ici de discuter de manière transversale les acquis des différents chapitres de résultats.

Une première modalité de gestion de l’inconnu s’exprime au moment de définir le champ d’exploration dans lequel se situeront les pratiques étudiées (une définition qui, nous l’avons vu, évolue, se précise, s’enrichit au fil de la découverte des pratiques) : certains porteurs d’initiatives orientent l’exploration à partir d’un concept, préalablement ciblé et porteur de valeurs d’intérêt pour eux (ex. un concept technique – l’association d’espèces ; un mode de gestion renouvelé d’une composante de l’agroécosystème – la gestion des adventices vivaces en AB). Dans d’autres cas, les porteurs d’initiatives définissent un champ d’exploration plus ouvert, et ce sont des agriculteurs ou conseillers agricoles partenaires qui guident les explorations, par leurs propositions, fonction de leurs situations, de leurs expériences et/ou de leurs sensibilités (ex. la viticulture biologique, l’agroécologie en Bretagne, des outils auto-construits pour l’agriculture biologique). Ces deux stratégies, nous l’avons vu, donnent lieu à l’émergence de propositions, dans le premier cas structurées autour d’un socle commun (le concept ciblé) et, dans le second, des propositions plus « éclatées », qui souvent impliquent de choisir des axes prioritaires pour poursuivre l’exploration.

La gestion de l’exploration de l’inconnu s’opère aussi au cours de l’explicitation par les agriculteurs de ce qu’ils font, et nous avons vu que ce processus peut s’opérer au cours de l’émergence des pratiques innovantes, ou en aval de celle-ci. Cette étape est souvent indissociable de l’analyse agronomique produite sur ce qu’ont fait ou sont en train de faire des agriculteurs. Dans cette analyse, nous montrons

le rôle clé des approches systémiques⁶³ pour gérer les explorations dans l'inconnu au cours de la découverte de nouvelles pratiques. Ces approches permettent à celui qui les mobilise de hiérarchiser, d'organiser, d'établir des liens entre les composantes de l'agroécosystème dans la situation de l'agriculteur. Et nous avons montré – dans les chapitres 2 et 4 - le rôle majeur que peuvent jouer les concepts théoriques en agronomie comme repères heuristiques pour établir des liens entre des actions et des évolutions du milieu cultivé ; que ces concepts se rapportent à des processus agronomiques (concurrence, effet barrière physique à la dispersion, ...), à des techniques ou à des logiques d'action (itinéraire technique, association d'espèces...). Dans les différents cas étudiés, souvent, les porteurs d'initiatives et les agriculteurs impliqués croisent leurs expertises pour produire une intelligibilité et un jugement sur ces pratiques. Dans tous les cas, les porteurs des initiatives gèrent l'émergence d'inconnus en prenant de la distance avec les situations d'action et en allant chercher de nouvelles connaissances, en produisant ou en soulignant l'existence de lacunes. C'est ici que s'exprime le caractère ingénierique de l'agronomie système, à l'interface entre 'prise avec l'action' et 'production de connaissances' (Doré et al., 2006), autrement dit une interface qui s'exprime à la fois dans l'identification de lacunes de connaissances émergeant de l'étude de pratiques en situations d'action, et dans la production de connaissances nouvelles dans l'optique de travailler sur des relations systémiques (par exemple, sur les interactions non prises en charge par les disciplines connexes). On retrouve ici un mouvement décrit par Duru (2013) qui, présentant un projet de recherche-action, explique naviguer entre des moments '*de formalisation*' où il produit et s'appuie sur des connaissances à caractère générique (décontextualisées), et des moments de '*contextualisation*' où ces connaissances sont produites dans et pour l'action des agriculteurs. On pourrait aussi mettre en dialogue ces études avec les démarches de recherche intervention en gestion (David, 2000), en nous interrogeant sur les spécificités de l'agronomie.

Comment s'orienter dans les connaissances à aller chercher ou à produire sur des pratiques qu'on ne connaît pas ? C'est, dans la majorité des cas étudiés dans les 3 chapitres, ce qu'explicitent les agriculteurs (ou ce que les enquêteurs leur font expliciter) qui guide les explorations dans l'inconnu et la co-construction d'une intelligibilité, et de jugements sur les pratiques. C'est au fil de la découverte des pratiques, souvent par des approches compréhensives, qu'on s'oriente dans l'exploration de connaissances agronomiques et la compréhension ou l'évaluation des pratiques. Le chapitre 4, en décrivant la conduite de l'entretien et les modalités de l'hybridation des savoirs de l'agriculteur et de l'enquêteur, tant au cours de l'entretien qu'en s'éloignant des situations, permet d'éclairer des modalités de cette construction de l'intelligibilité. Mais nous avons vu dans les chapitres 2 et 4 que, lorsque l'étude s'opère au cours de l'émergence de pratiques, les enquêteurs ont accès à des connaissances par d'autres

⁶³ « *Systems are about drawing attention to the relationship between elements, rather than focusing on specific elements and studying them in isolation. It is about interaction, entanglement, dependencies, exchange, connections, relationships and co-evolution* » (Darnhofer et al., 2012).

voies⁶⁴ que les échanges discursifs (visualisation des états du milieu, apprentissage par la réalisation de la pratique avec l'agriculteur...), ce qui contribue à leur appropriation des pratiques innovantes.

La prise en compte, dans cette analyse, de l'inconnu inhérent à la mise en œuvre par les agriculteurs - c'est-à-dire le fait qu'agir génère, dans un environnement cultivé sujet aux aléas, l'émergence de nouvelles manières de faire (Brédart et Stassart, 2017 ; Coquil, 2014) – peut être nourrie par le suivi, en temps réel, de l'émergence des pratiques (ex. Auto-N dans le chapitre 2, Atelier Paysan dans le chapitre 3). Dans d'autres initiatives, la part d'inconnu liée à la mise en pratiques a été abordée par le biais de la reconstitution a posteriori des trajectoires d'évolution des pratiques (4sysleg), ou en suivant, sur plusieurs années, l'évolution des pratiques des agriculteurs du projet (Agri'Novateurs, OSAE). Suivre ces évolutions offre des clés pour établir des comparaisons et produire une intelligibilité sur les relations entre des actions et les spécificités des situations. On retrouve ce processus dans les récits d'agriculteurs rapportés par Goulet (2017).

Cependant, la manière de produire des connaissances sur les relations systémiques entre les composantes de l'agroécosystème peut revêtir une forme très différente : dans l'un des cas du chapitre 2 (Ecophyto), mais aussi dans d'autres travaux sur les pratiques innovantes (par exemple Salembier et al., 2016), c'est à l'aide d'outils statistiques qu'on établit des relations entre des variables définies a priori, sur la base du savoir de l'agronome. Ce processus est guidé par le '*systems of interest*' (Ison, 2012) des porteurs de cas, et c'est sur les statistiques que repose la production de preuves de liens de causalité et d'efficacité. Alors que, dans la majorité des autres cas étudiés, ce qui 'fait système' n'est pas défini a priori, mais est construit avec l'agriculteur. En cadrant a priori ou en laissant ouvert ce qui va faire partie du système étudié, ces deux approches induisent des rapports contrastés au connu et à l'inconnu et peuvent être rapprochées de la distinction faite par Ison (2012) entre une approche où les systèmes sont vus comme des entités réelles (ontologies), et une approche où les systèmes sont vus comme une heuristique au service de la production d'une intelligibilité (épistémologies). Cette distinction rejoint aussi celle qui est faite en agronomie entre les approches reposant sur la répétition d'observations qui permettent d'établir des courbes de variation aboutissant à des prescriptions uniques et prédictives, considérées comme optimales ; versus celles reposant sur une analyse située de l'ensemble des relations entre pratiques, milieu, critères d'évaluation et processus agronomiques en jeu, qui ouvre le champ des actions possibles pour gérer un phénomène (ex. Sebillotte, 1978 ; Doré et al., 2006).

Ainsi, nous montrons que différents choix épistémiques induisent des '**filtres**' (Hatchuel et al., 2013 ; Moity-Maïzi, 2011) qui contribuent à orienter, à cadrer les raisonnements, et ont des implications sur ce qui est généré et sur ce qu'en apprennent les acteurs avec lesquels on interagit au cours de ces processus. Agrawal (2002) montre que c'est au travers de ces filtres que peuvent s'exprimer des jeux de pouvoir,

⁶⁴ Notamment ils ont accès à des connaissances sensibles, voire apprennent 'en faisant' avec les agriculteurs.

sur lesquels il nous invite à être réflexifs : que choisit-on de regarder ? De capitaliser ? De traduire de telle ou telle façon ? Embarque-t-on les représentations des acteurs avec lesquels nous échangeons ou, au contraire, appliquons-nous nos propres représentations ? ... Rappelons que dans chaque situation, c'est aussi les relations et les dialogues qui s'établissent entre les agriculteurs, les enquêteurs, les objets qu'ils manipulent et les situations dans lesquelles ils se trouvent qui contribuent aussi à orienter les explorations réalisées (Cerf et al., 2012 ; Prost et al., 2018 ; Lacombe, 2018).

Nous avons constaté que, dans beaucoup de cas, les acteurs rencontraient des difficultés pour savoir comment étudier ces pratiques singulières et inconnues : que faire ? A partir de quoi ? Comment élaborer des preuves ? ... Dans la majorité des cas, les démarches étaient encore balbutiantes, et il nous semble qu'il s'agit probablement là d'une spécificité de ce type d'approche : dès lors que l'on cherche explicitement à étudier des pratiques 'innovantes', on ne pourra que partiellement prévoir les modalités de réalisation des études. Bien sûr, nous avons constaté que, lorsque ces études sont réitérées dans le temps, les enquêteurs gèrent l'exploration vers l'inconnu à l'aide de règles qu'ils formalisent à partir de leurs expériences : on peut citer ici les guides d'entretiens construits par l'Atelier Paysan (guide TRIP), ou les procédés d'échanges en collectifs réitérés tous les ans au sein d'un groupe (ex. Agri'novateurs). Mais ces règles ne constituent pas un protocole standardisé, seulement des repères pour conduire l'exploration, de manière analogue aux 'règles' décrites par Le Masson et al. (2014, 2017)⁶⁵ qui contribuent à organiser la conception innovante.

Enfin, l'étude de pratiques innovantes n'était, dans tous les cas que nous avons étudiés, qu'un 'instrument parmi d'autres' mobilisé par les acteurs de la R&D pour explorer des champs de conception. Souvent l'étude de pratiques était couplée à des travaux en expérimentation, à des enquêtes sur des échantillons représentatifs, à des diagnostics régionaux... Il nous semble qu'il serait très intéressant de creuser les complémentarités entre les différentes méthodologies disponibles en agronomie, à la fois pour éclairer comment mieux les mobiliser en synergie et, en cernant leurs limites, ouvrir des pistes de conception de nouvelles méthodologies.

1.2. Etudier les pratiques innovantes d'agriculteurs, un moteur pour les activités de conception

Nous proposons de discuter successivement deux types de contributions de l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs à des dynamiques de conception collectives en agriculture : d'abord, nous revenons sur ce que ces études de pratiques apprennent à ceux qui les réalisent, puis nous discutons des différents contenus agronomiques, que certains choisissent de mettre en circulation à partir de ce qu'ils ont appris.

⁶⁵ Ces auteurs citent par exemple le fait que l'organisation des concepts en fonction de leur 'hérédité' (dans une modélisation CK) est un type de règle pour stimuler la conception innovante.

☀ **L'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs pour enrichir les modèles conceptuels de nouveaux inconnus**

Qu'apprend-t-on par l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs ? Cette question est aujourd'hui avant tout appréhendée, dans différents travaux, sous l'angle de la gestion des connaissances, notamment, souvent, du point de vue des complémentarités, voies des hybridations entre connaissances scientifiques et connaissances dites 'expertes', 'lay', 'indigenous'... Girard (2015) propose dans ce sens une revue de la littérature où elle identifie 4 stratégies de gestion des '*farmer's knoweldge*' dans des travaux scientifiques du secteur agricole : (i) évaluer les connaissances des agriculteurs pour les améliorer, souvent pour palier un décalage ou une non adoption de prescriptions ('bonnes pratiques'), (ii) documenter les connaissances pour capitaliser dessus, les légitimer dans un processus de développement et/ou explorer des alternatives de modèles de développement qui impliquent directement les agriculteurs eux-mêmes, (iii) utiliser ces connaissances comme ressources pour l'innovation, pour orienter les thèmes et enjeux vis-à-vis des personnes impliquées, et enfin (iv) encourager le partage de connaissances entre acteurs pour augmenter l'effectivité de mesures de développement.

Dans ce travail, nous proposons d'appréhender la question de la contribution de l'étude de pratiques innovantes en relation avec des activités de conception, c'est-à-dire avec un regard particulier tourné sur l'émergence, la gestion d'inconnus désirables dans et par l'action située (i.e. en agronomie, orienté vers la génération de nouveaux contenus agronomiques prescriptifs). Une première contribution de l'étude de pratiques innovantes se rapporte à l'explicitation de nos représentations agronomiques (nos modèles conceptuels), souvent héritées de l'histoire. Le projet VivLéBio du chapitre 4, où l'étude des pratiques innovantes conduit à voir les vivaces (au moins dans certains cas) comme des 'alliées', en est un bon exemple. Ainsi, l'étude de pratiques innovantes serait une voie empruntée pour, à la fois, rendre visibles et renouveler nos représentations, mais aussi, comme le discutent Compagnonne et al. (2016)⁶⁶ sur le cas de la biodynamie, nos manières de produire des connaissances⁶⁷. Cette contribution de l'étude de pratiques s'inscrit dans l'enjeu décrit par Girard (2014) : un « *enjeu central pour la recherche agronomique est d'analyser avec réflexivité le verrouillage cognitif induit par le paradigme*

⁶⁶ Ces auteurs comparent des processus de production de connaissances qui se confrontent entre ce qu'ils appellent 'Science normale' et 'science extraordinaire'.

⁶⁷ Briggs et Sharp (2004) nous interpellent cependant sur notre capacité à voir et revisiter nos représentations: "*Indigenous knowledge is allowed to offer contained technical solutions that fit within the current scientific/development worldview, but not challenge the content, structure or value-system of this view. There continues to be a suspicion and wariness about the extent to which indigenous knowledges are capable of challenging currently accepted ideas of development by pushing formal science to the margins*".

productiviste et d'accompagner l'émergence de stratégies alternatives de gestion des connaissances, de les évaluer et d'en étudier la coexistence et la complémentarité dans les territoires ruraux ».

Une seconde contribution se rapporte au fait qu'étudier des pratiques innovantes d'agriculteurs peut aider à 's'orienter dans l'inconnu', en 'pavant' un champ jusque-là orphelin (Agogué, 2012) de travaux de R&D, à partir de pratiques que mettent déjà en œuvre des agriculteurs, ou en aidant à 'décider dans l'inconnu' (i.e. en orientant vers l'exploration de certaines voies de conception plutôt que sur d'autres). De nombreux exemples ont été relevés dans les 3 chapitres : par exemple, la mise en évidence d'une multiplicité d'associations céréales-légumineuses pratiquées par les agriculteurs, alors que les chercheurs concentrent leurs travaux sur 2 ou 3 d'entre elles (Legitimes, chapitre 2) ; les capacités d'exploration qu'offre le couplage, en situation, entre conception d'outils et de systèmes techniques par l'Atelier Paysan (chapitre 3) ; ou encore, par exemple, la priorité donnée dans l'atelier de conception du chapitre 4 aux combinaisons de modes d'action sur les populations de vivaces, alors que la littérature ne traite que des effets élémentaires, technique par technique. Cette contribution est précieuse dans un contexte où les projets collectifs pour l'agriculture - comme l'agroécologie - multiplient les inconnus à explorer et jusqu'alors non traités par la R&D (Meynard, 2017).

Ces études de pratiques innovantes contribuent aussi à l'émergence de nouvelles questions de recherche – ce qu'on retrouve aussi dans des travaux sur l'étude de pratiques (non innovantes) – et de nouveaux concepts, que nous définissons dans ce travail comme des propositions de pratiques sur lesquelles en l'état des connaissances, il n'est pas possible de porter une intelligibilité ou un jugement. Ces trous de connaissances et concepts sont autant de pistes d'explorations nouvelles que peuvent saisir des concepteurs dans l'optique de poursuivre de nouvelles expansions.

Enfin, dans les chapitres 2 et 3, nous montrons que ce qui est appris au cours de l'étude de pratiques innovantes s'ancre et se matérialise en de nouveaux objets : les outils et les systèmes techniques à l'Atelier Paysan, les systèmes de culture mis en expérimentation / en pratique (en station, 4sysleg ou en ferme, Auto'N, Réseau Berry), ou encore en des contenus prescriptifs qui sont mis en circulation sous la forme de fiches, d'articles ou de vidéos.

☀ Mise en circulation de contenus prescriptifs à partir de l'étude de pratiques innovantes : de nouveaux procédés d'élaboration de preuves ?

Une autre contribution de l'étude de pratiques innovantes à la conception en agronomie est l'opportunité qu'elle ouvre de générer de nouveaux contenus prescriptifs que certains acteurs décident de mettre en circulation. Nous avons montré que ces contenus agronomiques issus de l'étude des pratiques innovantes pouvaient, dans certains cas, directement servir l'exploration de nouvelles voies d'action en situation, avec les agriculteurs (Auto'N, Atelier Paysan – cf. le paragraphe précédent). Mais dans tous les cas que nous avons étudiés, les porteurs des initiatives ont cherché à mettre en circulation

des contenus prescriptifs pour des agriculteurs au-delà de ceux chez qui ils ont repéré les pratiques innovantes. Ce que doivent être ces contenus est aujourd'hui une question vive en agronomie, dans le contexte du régime 5 dont nous avons esquissé les traits dans le chapitre 1. « *Comment caractériser ces connaissances 'd'un nouveau type' pour les évaluer ? Comment les évaluer ? Comment les combiner à des connaissances construites dans des dispositifs plus classiques ? Comment construire des dispositifs d'inférence permettant de les consolider ? Et surtout avec qui construire ces différentes procédures de légitimation ?* » s'interrogent Doré et Le Bail (2016). Certains résultats de cette recherche et les réflexions qu'ils ouvrent contribuent aux discussions sur ces questions, prolongeant les réflexions de Meynard (2014) : « *alors que les agronomes prétendent depuis toujours produire de l'information technique à destination des producteurs, ils ont très peu pris comme objet de recherche le contenu effectif de l'information diffusée vers, utilisée par ou produite par ceux-ci. La circulation de l'information technique, entre conseiller et agriculteur (dans les 2 sens), entre agriculteurs, entre conseillers de différentes régions ou organismes, entre le producteur et son client ou son fournisseur..., constitue un nouveau front de recherche pour l'agronomie* ». Ces contenus agronomiques (écrits notamment) produits par la R&D foisonnent aujourd'hui en agriculture, poussés notamment par les formats projets, desquels on exige des valorisations écrites des résultats.

Cependant, très peu de travaux en agronomie prennent du recul sur les façons de générer des prescriptions pour l'action. On peut citer l'article de Sebillotte (1978), dans lequel il propose une prise de recul sur les conditions requises pour générer des 'références' visant à outiller la décision des agriculteurs : « *Concernant les décisions techniques quotidiennes, les exigences des référence sont: de présenter un degré suffisant de prédiction quant à la qualité du résultat lorsque l'on s'écarte des valeurs optimales retenues pour les critères de décision, d'être fiables, les exigences pour l'extrapolation seront ici très fortes, en particulier du fait de l'importance des interactions climat-sol-plante-technique, d'être d'une mise en œuvre simple et rapide, donc les critères de décision doivent être facilement accessibles pour l'agriculteur considéré.* » Et il ajoute : « *Une voie de travail sera la recherche des facteurs et conditions déterminantes dans chaque catégorie de mécanismes dont les valeurs fixent les types de réponses, pour: prévoir des sens de variation pour une gamme d'actions, classer les techniques, à travers leurs effets probables, selon les degrés d'intérêt pour la pratique agricole locale* ». Cette proposition a servi de point d'appui à d'autres auteurs, notamment pour positionner les spécificités de la conception d'outils d'aide à la décision (ex. Cerf et al., 1990).

Au long des résultats, nous avons pu mettre en comparaison des prescriptions agronomiques (avec un focus sur des supports écrits) que nous avons catégorisées de la manière suivante (chapitres 1, 2 et 3) : des règles de décision, des combinaisons de règles de décision / itinéraires techniques – systèmes de culture, les témoignages, les processus agronomiques décontextualisés illustrés en pratique, les gammes de techniques et les logiques d'action génériques. Nous les avons distinguées en nous intéressant à certaines propriétés qui les distinguent, à savoir : leurs contenus agronomiques (à la fois la nature des

contenus qui y sont présents, et les relations systémiques qu'ils comprennent), et les façons dont elles prescrivent l'action à ceux qui s'en saisiraient (appliquer des actions, décider dans une gamme d'actions, stimuler l'imaginaire pour identifier de nouvelles actions...). Nous discutons ici de certaines de ces propriétés, notamment en relation avec le projet d'une agroécologisation de l'agriculture et les questions que cela pose.

Dans certains contenus que nous avons étudiés, ces prescriptions se rapportent aux références décrites par Sebillotte (1978), qui visent à permettre aux agriculteurs d'agir en situation (règles de décision) : à une ou des actions sont associées des effets probables, en fonction d'une gamme de situations – type et états du sol, conditions météorologiques, climat probable, outil utilisé. Cette forme de contenus est aujourd'hui dominante dans les productions de la R&D en agriculture. Le plus souvent, les règles de décision concernent des techniques élémentaires, et on invisibilise les processus agronomiques en jeu (i.e. les liens de causalité entre le fonctionnement de l'agroécosystème et l'effet des actions), soit que l'on suppose que l'agriculteur les connaît, soit qu'il n'a pas besoin de les connaître. Mais, qu'en est-il lorsque les situations d'action d'un agriculteur ne sont pas répertoriées, que les objectifs de la règle de décision ne correspondent pas à ceux de l'agriculteur, ou que l'environnement de production induit des interactions qui n'ont pas été prises en compte dans les règles ? ... Dans une variante de ce type de prescriptions, on propose à l'agriculteur de composer ses propres itinéraires techniques, à partir de règles de décision consacrées à différentes techniques (cas du guide colza associé, chapitre 2).

On trouve d'autres contenus par lesquels les acteurs que nous avons enquêtés évoquent vouloir 'donner des idées', stimuler la réflexion et l'imaginaire de ceux qui s'en saisiraient. Les « témoignages », rencontrés dans les chapitres 2 et 3, offrent à voir la manière dont un agriculteur établit des relations systémiques entre ses projets et expériences, sa situation de production, ses actions, ce qu'il observe, l'évolution des états du milieu... Ces témoignages rendent compte de la sophistication des raisonnements d'agriculteurs dans leurs situations. Mais, comment se saisir d'un témoignage situé pour imaginer une manière de faire dans une autre situation ? Est-ce une prescription qui se suffit à elle-même ?... Les revues agricoles, les services techniques d'organismes de R&D, les auteurs de sites internet publient de plus en plus de témoignages écrits d'agriculteurs dont les pratiques sont présentées comme innovantes. Ils constituent un moyen, peu coûteux, de mettre à disposition d'autres agriculteurs ces expériences de pratiques innovantes, mais, à notre connaissance, aucun travail ne rend compte de la manière dont de tels témoignages sont utilisés par les agriculteurs dans une dynamique de changement, ou par un conseiller dans son accompagnement. Cette piste pourrait faire l'objet de recherches ultérieures.

Enfin, d'autres contenus révèlent une volonté de fournir des ressources pour 'agir' et 'pour stimuler l'imaginaire/la réflexion' : ils proposent des couplages originaux entre des connaissances contextualisées et décontextualisées (c'est à dire à caractère générique). C'est le cas des « processus agronomiques illustrés de pratiques », mis en évidence dans le chapitre 2. Parfois, la présentation d'un

cas pratique permet d'illustrer un discours sur des processus agronomiques génériques et les techniques permettant d'agir dessus ; d'autres fois, on trouve, associées aux témoignages contextualisés, des connaissances décontextualisées, qui précisent des conditions dans lesquelles les actions évoquées dans le témoignage ont des effets similaires (on retrouve ici les conditions d'extrapolation décrites par Sebillotte, 1978), des indicateurs pour déclencher les pratiques, suivre et constater les effets désirés. Ces couplages se retrouvent aussi dans les gammes de choix techniques et les logiques d'action génériques. Les premiers rendent compte de gammes d'options techniques associées aux raisons qu'ont avancées des agriculteurs pour les choisir. Ils supposent que l'utilisateur ait les compétences requises pour piocher dans les alternatives, les adapter à sa situation et réaliser les « assemblages systémiques », ainsi que nous le soulignons dans le chapitre 2. Les logiques d'action génériques rendent compte de relations systémiques entre des actions et des états du milieu désirés permettant d'activer des processus agronomiques (ex. une barrière physique à la dispersion de ravageurs en association d'espèces). Illustrés de cas pratiques, ils sont aussi une autre forme d'expression de ces couplages entre 'connaissances génériques' et 'contextualisation en situation' et impliquent, là-encore, des compétences de la part du lecteur ou un accompagnement pour s'en saisir dans sa situation. Ces couplages sont le fruit d'un travail de conception par les enquêteurs, qu'ils réalisent en fonction de ce qu'ils jugent pertinent et faisable de mettre en circulation.

Dans une optique d'action, l'enjeu est, donc, non seulement d'exprimer des prédictions plausibles et d'offrir des repères et de l'assurance pour agir (c'est le rôle des indicateurs de diagnostic, de suivi... Toffolini et al., 2016) mais aussi de stimuler l'exploration de nouvelles voies d'action – pour permettre l'adaptabilité en situation. Ce constat interroge sur l'administration de la preuve. Doré et al. (2011) proposent de spécifier « *the degree of validity, certainty and precision in local farmers' knowledge* » pour produire des connaissances scientifiques à partir de pratiques d'agriculteurs. Nos résultats nous amènent à discuter cette proposition en fonction 'de ce qu'on cherche faire faire à ces connaissances' : déjà, Tillet, dans le régime 1 du chapitre 1, se servait de ce qu'il apprenait de pratiques d'agriculteurs comme source d'hypothèses et de nouveaux concepts. Dans le régime 5, Lefèvre et al. (chapitre 1), les acteurs d'Innov'Action (chapitre 2) et ceux de VivLéBio (chapitre 4) n'ont pas cherché à « valider » ce qu'ils ont appris de pratiques d'agriculteurs : dans l'optique de stimuler l'imaginaire ou de donner envie de changer, les auteurs des prescriptions mettent en circulation des contenus agronomiques sur des pratiques sur lesquelles ils se posent eux-mêmes encore des questions, qui sont parfois encore à l'état de concepts mais qui, ils en font l'hypothèse, pourraient inspirer des concepteurs, en particulier des agriculteurs (régime 5, chapitre 1).

La question de la preuve se pose aussi sur deux autres plans : comment faire preuve de connaissances, ici issues de pratiques d'agriculteurs ? Et, comment générer des prescriptions à partir de contenus agronomiques reposant sur des modalités d'élaboration de la preuve contrastées ?

Concernant la première question, nous montrons qu'au-delà de la répétition d'observations validées statistiquement et l'établissement de liens de causalité théoriques (décrits par Sebillotte, 1978), certains porteurs d'initiatives mettent au point d'autres procédés d'élaboration de la preuve sur ce qu'ils apprennent : ils cherchent à trianguler l'information que des agriculteurs leur fournissent, et considèrent que, par l'expérience, la pratique a fait ses preuves. Ils la confrontent alors à de nouvelles situations qui la mettront à l'épreuve de nouveau (voir les méthodes de travail de l'Atelier Paysan dans le Chapitre 3). D'autres construisent des interprétations en comparant des expériences d'agriculteurs dans différentes situations (Legitimes dans le chapitre 2, mais aussi Salembier et al., 2016 en Argentine); enfin, certains établissent des liens de causalité plausibles dès lors qu'ils ont observé des phénomènes dans une ou plusieurs situations, dans l'optique de proposer des logiques d'action génériques.

Dans les cas étudiés, les auteurs appréhendent souvent la seconde question en 'faisant avec', en s'adaptant à la nature des contenus et aux preuves qu'ils contiennent pour générer des contenus prescriptifs. C'est leur jugement personnel (ou parfois collectif) qui les conduit à retenir ou non certaines connaissances. Ce constat fait émerger un enjeu de taille pour les sciences agronomiques : travailler à la mise au clair de la diversité des formes de preuves à partir desquelles nous bâtissons des connaissances, pour être en mesure de les comparer et de souligner leurs limites pour permettre à ceux qui se saisissent de porter leur propre jugement sur les connaissances qu'on leur fournit. Cet enjeu est longuement évoqué par Laurent et al. (2009, 2012), qui discutent l'intérêt de s'appuyer sur les réflexions engagées dans les Evidence Based Policy sur les questions de preuves dans les politiques publiques :

« Sur la « qualité des preuves et sur la différenciation des types de « preuves » qui peuvent servir de ressource pour la décision : (...) des classements sont proposés pour hiérarchiser par ordre croissant de fiabilité les « preuves » disponibles dans la littérature, dans le débat public, etc. Notons que, dans ce type de classement, les connaissances qui ne proviennent pas de la recherche (opinions d'individus, savoirs d'expérience) sont également prises en compte, pour autant qu'elles revendiquent être fondées sur des observations empiriques conduites de façon rigoureuse »

Sur les « méthodes visant à donner accès à divers acteurs à des connaissances dont les limites de validité sont explicites, afin qu'ils puissent choisir de façon plus éclairée la place qu'ils souhaitent leur donner dans leurs processus décisionnels : (...) l'exigence de clarification des méthodes et des rôles que portent les débats sur les approches evidence-based peut contribuer à mieux placer la « preuve » à son rang exact, comme un des éléments, mais pas le seul, de la décision politique ; à construire des méthodes rendant explicites pour les décideurs publics les conditions d'élaboration et les limites de validité de ces « preuves » (méta-analyses, états de l'art ad hoc, état des données disponibles, etc.) ».

Ces questions nous semblent aujourd'hui ouvertes en agronomie et mériteraient d'être saisies, d'autant que c'est une réelle question des acteurs en prise directe avec l'action (chapitres 2, 4). Mais, comme le font déjà certains (ex. fiches Agri-Bio, chapitre 2 ; Atelier Paysan, Chapitre 3), un enjeu serait déjà de

rendre compte de la diversité des sources invoquées au cours de l'élaboration de contenus prescriptifs, pour laisser ceux qui s'en saisissent juges de la qualité des preuves qu'ils contiennent.

1.3. Prendre appui sur un système de conception distribuée pour étudier les pratiques innovantes

La production et la circulation des connaissances en agriculture est qualifiée par différents auteurs de 'distribuée' (Joly, 2017 ; Barbier et Elzen, 2012 ; Girard, 2014 ; Klerkx et al., 2010), puisque ces activités impliquent de nombreux acteurs : les agriculteurs, les conseillers agricoles, les ingénieurs d'instituts techniques, l'INRA, des acteurs des ONVAR... qui entretiennent des rapports de prescription (Hatchuel et Weil, 1992 ; Hatchuel, 2008) variés, face aux enjeux contemporains de l'agriculture (Compagnone et al., 2018). Dans ce travail, nous proposons de parler de 'conception distribuée', pour, au-delà de la production et de la circulation des connaissances, considérer l'émergence d'inconnus, et la génération de nouveaux objets qui viennent enrichir les manières de pratiquer l'agriculture. Darses et Falzon (1996) soulignent que, dans la conception distribuée, *« les acteurs de la conception sont simultanément (mais non conjointement) engagés dans le même processus de coopération, accomplissent des tâches bien déterminées, celles-ci ayant été allouées préalablement, et poursuivent des buts qui leur sont propres, tout en ayant pour objectif de participer le plus efficacement possible à la résolution collective du problème »*.

L'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs apparaît comme un moyen, pour certains acteurs, d'organiser la génération de nouveaux objets dans ce système de conception distribuée. On trouve dans la littérature scientifique plusieurs modèles d'organisation, rendant compte de modalités contrastées d'implications d'agriculteurs dans des activités de conception : l'implication d'agriculteurs-usagers dans un processus de conception piloté par des acteurs de la R&D, afin de prendre en compte leurs savoirs, besoins et usages (ex. Cerf et al., 2012 ; Schaak et Musshoff, 2018) ; des situations où les agriculteurs co-conçoivent, avec les acteurs de la R&D, des systèmes techniques adaptés à leurs situations (Lacombe, 2018 ; Cardoso et al., 2001) ; des situations, plus rarement évoquées dans la littérature, où des acteurs de la R&D cherchent à transmettre des capacités de conception à des agriculteurs (ex. Ronceux et al., 2010) ; ou encore des situations dans lesquelles l'agronome cherche à outiller la conception par des agriculteurs (ex. Le Gal et al., 2011 ; Cerf et al., 2017). On retrouve ici en filigrane les deux postures décrites par Meynard et Dourmad (2014) et Le Gal et al. (2011), et évoquées dans notre partie « Problématique », à savoir : *« être à l'origine de l'invention, qui, une fois diffusée, appropriée, utilisée, deviendra une innovation »*, *« proposer aux acteurs des outils et méthodes pour innover par eux-mêmes (...), ou pour adapter à leur propre situation des innovations exogènes »* et la distinction entre *« design oriented methods »* et *« design support oriented methods »*.

Ces postures en situation de conception et ces modèles d'implication des usagers se retrouvent dans les cas que nous avons explorés. Une originalité de nos résultats est de rendre compte du fait que ce sont

souvent plusieurs objets qui sont conçus, en même temps, par les agriculteurs et les acteurs de la R&D impliqués : des systèmes techniques, des outils et des contenus prescriptifs (chapitre 3), des systèmes économes en azote et des contenus du type ‘processus agronomiques illustrés de pratiques’ (Auto’N, chapitre 2)... On retrouve ici ce que décrivent Sanders et Stappers (2008) dans le cas de démarches participatives où on ne distingue plus clairement qui sont les concepteurs et les usagers. En effet, dans plusieurs cas que nous avons étudiés – et l’Atelier Paysan en est emblématique – les acteurs de la R&D et les agriculteurs impliqués peuvent, au même moment ou à différents moments des processus, être concepteurs et usagers de ce qui est en train d’être généré.

Certaines organisations de l’étude de pratiques innovantes, nous l’avons vu dans le chapitre 2, sont relativement centralisées : ce sont quelques personnes qui initient et pilotent le processus (VivLéBio, Legitimes, 4SYSLEG). Ce qui fait ‘innovant’, au long de la démarche, est relativement consensuel, de même que la manière de réaliser l’analyse des pratiques. On s’appuie sur le caractère distribué de l’organisation en agriculture, au moment de repérer des agriculteurs (acteurs de la R&D qui orientent vers des pratiques qu’ils jugent innovantes), et de produire une intelligibilité sur les pratiques (voir supra, discussion 1.1.). Dans d’autres cas, l’organisation s’appuie sur plusieurs centres de décision (ex. Vitinnobio) : la définition de ce qui fait ‘innovant/désirable’ est souvent moins consensuelle, elle se rapporte à la diversité des référentiels des acteurs qui repèrent et de ceux qui gèrent la mise en partage, et implique souvent des négociations.

Enfin, l’organisation de l’étude des pratiques innovantes interfère aussi avec des questions éthiques, concernant en particulier la propriété intellectuelle des innovations. Dans tous les cas des chapitres 2, 3 et 4, les personnes ayant étudié des pratiques innovantes rendent compte du fait que les agriculteurs rencontrés étaient favorables au partage de leurs innovations avec leurs pairs. Notons cependant que dans la plupart des cas étudiés, l’étude des pratiques innovantes vise à combler une lacune de la R&D. Pour certains organismes (Atelier Paysan, Solagro pour Osaé), l’étude des pratiques innovantes constitue un enjeu politique, contribuant à la souveraineté technologique de l’agriculture paysanne (Altieri et Toledo, 2011). Dans d’autres cas, l’étude des pratiques innovantes résulte plus d’initiatives individuelles, dans les institutions qui laissent des espaces d’exploration à leurs agents (Chambres d’Agriculture, Inra, Instituts Techniques, ...), sans pour autant mettre ces approches au cœur de leur activité. La question de l’organisation des complémentarités avec d’autres approches (par exemple, expérimentation, diagnostic) se pose particulièrement dans ces institutions. Il reste que les enjeux de légitimation des acteurs qui étudient les pratiques d’agriculteurs ne doivent pas être négligés : le retour des acquis vers les agriculteurs enquêtés, la reconnaissance de l’origine des contributions, le risque d’appropriation des connaissances d’agriculteurs à des fins commerciales, ou pour argumenter des politiques publiques (ex. Briggs, 2013), ou encore le libre arbitre des agriculteurs dans l’engagement vers le partage et la mise en circulation de leurs expériences (ex. Goulet, 2017), ouvrent des questions

qui devront être traitées avec attention par les acteurs qui décideraient de s'engager, à l'avenir, dans de telles études.

2. Situer l'étude de pratiques innovantes dans les design sciences

2.1. Etudier les pratiques innovantes : un processus générateur d'anomalies créatrices

Quelles sont les fonctions génératives de l'étude de pratiques innovantes (i.e. les fonctions jouées dans un processus de conception) ? C'est la question que nous proposons d'instruire dans ce paragraphe, en regard de travaux en design science, portant sur les activités de conception.

On peut rapprocher l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs, telle qu'elle est pratiquée en agronomie, d'approches visant à s'appuyer sur les idées d'usagers pour développer de nouveaux produits ou services dans le secteur industriel. Les recherches de Von Hippel (1988⁶⁸, 2005) ont été pionnières et sont emblématiques de ce champ de recherche. Ses travaux s'ancrent sur le constat que des usagers développent des propositions innovantes, avant les entreprises, pour répondre à leurs propres besoins et attentes. La thèse que défend Von Hippel est qu'il y aurait un enjeu, pour les entreprises, à repérer et tirer parti de ces propositions innovantes dans l'optique d'identifier et ouvrir de nouveaux marchés. Différentes propositions méthodologiques ont été faites dans l'optique de rationaliser le repérage et la sélection des propositions innovantes d'usagers (ex. Von Hippel, 2005 ; Churchill et al., 2009). Les résultats de notre travail, ancrés dans le secteur agricole et portant sur des concepteurs-agronomes (discipline ingénierique), pourront être mis en dialogue et discutées avec les propositions de Von Hippel.

Les autres méthodes de repérage d'innovation dans l'industrie (qu'elles proviennent d'usagers ou d'autres entreprises) se rattachent souvent à des approches de types 'screening' où, après avoir rassemblé un grand nombre d'idées, on les sélectionne au prisme de leur faisabilité ou de critères définis par les collectifs que ce travail engage, ce qui peut conduire, comme le montrent Elmquist et Segrestin (2007), à rejeter des propositions d'intérêt. Sur l'exemple de l'innovation dans le secteur pharmaceutique, ces auteures proposent une approche alternative : en travaillant à partir des modèles (connaissances) dont disposent les concepteurs, et en explicitant les raisonnements de conception, elles montrent qu'il est possible d'identifier de nouveaux concepts de produits pharmaceutiques, et de stimuler la production de connaissances dans d'autres champs que ceux habituellement explorés. Cette même thèse est défendue dans les travaux de Le Masson et Magnusson (2003), se rapportant plus directement à des situations dans lesquelles sont impliqués des usagers. Ces auteurs montrent, au travers d'une expérimentation dans le secteur de la téléphonie mobile, l'intérêt d'étudier les idées des usagers au prisme des « modèles

⁶⁸ E. Von Hippel fait aussi référence à une organisation de l'innovation 'distribuée' pour signaler l'émergence d'un système d'innovation dans lequel les usagers seraient parties prenantes du processus.

générateurs des concepteurs », c'est-à-dire des représentations qu'ils ont des objets qu'ils souhaitent générer. L'étude de ces idées d'utilisateurs au prisme des représentations des concepteurs invite à rendre explicite leurs modèles génératifs, et à renouveler ces représentations, en initiant des expansions conceptuelles, et en apportant de nouvelles 'briques de connaissances'. Le Masson et Magnusson (op.cit.) proposent ainsi de baptiser la démarche de '*generative model revision*' qu'ils considèrent comme une activité de conception, au cours de laquelle, par le traitement des concepts formulés par les utilisateurs, on peut élargir les champs de conception explorés et étendre les connaissances. Ces auteurs concluent sur le fait que la démarche de '*generative model revision*' peut être considérée comme un outil, au service de la conception innovante.

Compte tenu des résultats de notre recherche, l'étude de pratiques innovantes, en agronomie, peut être considérée comme une forme particulière de '*generative model revision*', puisque, comme nous l'avons vu dans les chapitres 3 et 4, ce travail contribue, à certaines conditions, à enrichir et renouveler les représentations de concepteurs, qu'il s'agisse d'agronomes ou d'agriculteurs. Nous précisons 'forme particulière', puisque l'étude de pratiques innovantes présente plusieurs spécificités, qui la distinguent de la proposition de Le Masson et Magnusson (2003).

L'étude de pratiques, telle qu'elle est conduite en agriculture, ne se limite pas à l'étude d'idées formulées par des utilisateurs, qui seraient mobilisées par opportunisme. Le repérage et/ou l'implication d'agriculteurs (ou utilisateurs, pour reprendre le vocabulaire des § précédents) est en soi aussi un travail de conception, puisque - comme l'ont montré les chapitres 2, 3 et 4 - les concepteurs engagent un effort de conceptualisation particulier pour s'orienter dans l'inconnu, et être en mesure de repérer les pratiques qui seront susceptibles de venir bousculer et enrichir leurs représentations (et, plus largement, les processus de conception - §1.1) et/ou celles d'autres acteurs (au premier rang desquels les agriculteurs). Dans les cas que nous avons étudiés, nous avons identifié plusieurs stratégies pour engager ces explorations dans l'inconnu (cf. discussion générale, §1.1).

Une autre spécificité de cette approche est qu'on s'intéresse à 'des pratiques' d'agriculteurs, c'est-à-dire qu'on ne se limite pas à l'étude 'd'idées' ou de 'concepts', mais à ce qu'ont 'fait' ou 'sont en train de faire' des agriculteurs. Ce constat a trois implications :

- La première est que nous n'étudions pas n'importe quel type d'inconnu : ce qui stimule l'effort conceptif, ce sont des anomalies : des pratiques déjà existantes mais qu'il convient de 'rendre visibles'. Ceci nous invite à considérer l'étude de pratiques innovantes comme **un processus par lequel on cherche à faire émerger des anomalies qui auraient un potentiel créateur**, qu'on peut rapprocher de ce que Fallen (2009) appelle des **anomalies créatrices**. Hatchuel et al. (2013) et Hatchuel (2019), montrent que dans une science dite 'classique', l'inconnu réside dans les anomalies constatées entre un état du savoir et un état des faits (on retrouve ici notre exemple des systèmes d'élevage en Castagniccia

– cf. discussion générale, §1.1) alors que dans une logique de conception, l'inconnu est, au contraire guidé par un désir de changement que, dans notre cas, on cherche à voir en pratique.

- Une seconde implication se rapporte au fait que l'analyse de pratiques innovantes implique une confrontation non pas seulement aux idées des usagers, mais **aux situations d'action et aux expériences desquelles elles émergent**. On peut ici discuter de l'étude de pratiques en relation avec la thèse défendue par Schön (1983), présentée dans la partie « Problématique de recherche », qui montre que c'est par confrontation aux situations, et au cours de l'action en train de se faire, que peuvent émerger certaines dimensions des objets en cours de conception qui, dans les cas étudiés, se rapportent à des prescriptions agronomiques, mais aussi des systèmes techniques, des outils (Chapitre 2, 3). On peut considérer que l'étude de pratiques consiste en une mise en dialogue avec les situations d'action, pour des concepteurs de prescriptions. En particulier, l'étude de pratiques 'innovantes' constitue un outil pour se confronter à de nouvelles situations inconnues, en prise avec l'action. Nous montrons que ces études sont chaque fois guidées par des intentions, mais que c'est aussi la confrontation aux situations qui révèle des surprises, et qui, au cours de leur réalisation, induisent des adaptations dans la manière de conduire ce travail (ex. on constate des conséquences de manière de prendre connaissance des pratiques – au cours d'entretiens, d'échanges en groupe – après l'avoir mis en œuvre, ce qui invite à réitérer l'échange ; on peut aussi citer l'exemple du rouleau Faca Buzuk du chapitre 4). Et, nous avons montré dans le chapitre 2 que la réalisation de l'étude de pratiques innovantes est en elle-même une démarche à concevoir, et qui se conçoit – au moins en partie - au fil de sa réalisation. Ainsi, l'agronome concepteur entretient un double rapport à l'action : il conçoit au cours de ses propres actions (ex. en conduisant des expérimentations) et par confrontation aux actions des acteurs (les agriculteurs) pour lesquels ils génèrent des prescriptions.

- Enfin, la dernière implication se rapporte au fait que 'changer', en agriculture, n'est pas un processus qui peut être stimulé uniquement par l'identification de nouveaux concepts, connaissances... **L'incarnation de ces changements 'en pratiques'**, vécues par des agriculteurs - fruits d'expériences, de prises de risque, de tentatives, d'échecs, porteurs de valeurs parfois contradictoires... - peuvent semble-t-il aussi contribuer à 'des déclics' pour faire évoluer les représentations d'agronomes-concepteurs (cf. les résultats du chapitre 2).

Par ailleurs, dans le prolongement des travaux de Berthet (2013) sur le cas de l'écologie, cette thèse fournit des pistes méthodologiques, en hybridant une approche généalogique avec l'étude de régimes de conception, pour rendre compte de l'évolution de pratiques de conception au sein d'une discipline à caractère ingénierique et orientée vers l'action. Ces pistes pourraient servir de point d'appui dans d'autres travaux, dans l'optique d'apprendre de pratiques passées (rappelons les enseignements du régime 1) et situer quels sont les enjeux de renouvellement dans une discipline.

2.2. Concevoir des contenus prescriptifs : contribution de l'étude de contenus agronomiques

Les activités de conception, en agronomie, s'ancrent dans un rapport de prescription avec les agriculteurs, et cette spécificité nous a conduits à nous intéresser, du point de vue des contenus agronomiques qu'ils véhiculent, aux objets à visée prescriptive générés et mis en circulation. Nos résultats font écho à des travaux des design sciences-sciences de gestion, portant sur la gestion et la transmission de connaissances entre les acteurs engagés dans des dynamiques de conception.

On peut citer les travaux de Le Masson et Weil (2013), qui, en étudiant les contenus d'ouvrages destinés à soutenir les activités de conception d'ingénieurs, constatent la présence, dans certains écrits, d'un double langage : l'un portant sur le connu et l'autre sur l'inconnu. Le langage du connu se rapporte, pour ces auteurs, à l'ensemble des connaissances disponibles sur l'objet qu'on cherche à concevoir ; alors que le langage sur l'inconnu se rapporte à des propositions visant à stimuler les capacités d'exploration du lecteur, comme, par exemple, la méthode des ratios (qui guide le concepteur dans la conception de nouvelles roues, en l'aiguillant dans la manière de composer des roues adaptées à sa situation). Carvajal Perez (2018) enrichit ces propositions, en catégorisant quatre formes d'expression de la générativité présentes dans des écrits en cuisine, souvent de manière combinée : 1) la sélection (invite à choisir et appliquer une gamme de recettes connue), 2) la consultation et combinaison (invite à concevoir des recettes variées en agencant différemment des propositions élémentaires connues), 3) la combinaison et création de connaissances (invite à concevoir de nouvelles recettes à la fois en s'appuyant sur des propositions élémentaires connues et en invitant à produire de nouvelles connaissances pour compléter ces propositions) et, enfin, ce qu'il appelle 4) la création de vides (invite à explorer des concepts).

D'abord, notons qu'on retrouve certaines des catégorisations proposées par Le Masson et Weil (2013) et Carvajal Perez (2018) dans certains objets à visée prescriptive en agronomie : les règles d'action, de décision ou les outils d'optimisation pourraient se rapporter à la générativité de type 1 (la sélection), les itinéraires techniques et les systèmes de culture – notamment produits dans le régime 4 – pourraient être rapprochés de la générativité de type 2, et on peut retrouver les deux derniers types de générativité dans les logiques d'action et les questions ouvertes décrites dans le chapitre 2, qui peuvent être des sources d'apprentissages et de nouveaux concepts (Catalogna et al., 2018).

Les résultats émergeant de l'étude de contenus agronomiques permettent d'esquisser quelques pistes complémentaires à ces catégorisations, qui se rapportent plus spécifiquement à la 'nature des contenus' présent dans les écrits. On peut citer plusieurs types de contenus que nous avons identifiés et qui portent les germes, une fois mis en circulation, d'autres formes de générativité :

- Les connaissances sur des 'phénoménologies', c'est-à-dire des connaissances qui, dans notre cas, rendant compte de processus naturels ou agronomiques, stimulent la production de liens de causalité, et offrent des pistes pour réinterpréter et imaginer de nouvelles modalités d'action. Toffolini et al. (2017)

montrent notamment le rôle que jouent ce type de connaissances dans l'appui à la re-conception de systèmes de culture par des agriculteurs. On trouve aussi des exemples de l'intérêt de ce type de contenus pour la créativité dans les travaux de This (2017), sur le rôle des connaissances en chimie, pour générer des préparations culinaires.

- On peut aussi citer l'intérêt de la mise en circulation de 'concepts théoriques' en agronomie - qui peuvent s'apparenter à des modèles conceptuels (Hatchuel et Weil, 2008 ; Le Masson et al., 2014) – qui désignent des espaces de conception indiquant, sans définir a priori ce qu'ils seront, des relations entre des actions, des états du milieu et des processus agronomiques (ex. les associations d'espèces, les rotations de culture, ...) ;

- Les jeux entre contextualisation et décontextualisation (généricité) sont une autre manière d'établir des dialogues entre le connu et « l'inconnu situé » : en fournissant des pistes à des concepteurs sur la façon dont des connaissances génériques (ex. sur le cycle d'un ravageur) peuvent servir à concevoir des systèmes techniques adaptés à une situation, sans pour autant définir a priori ce que sont ou pourraient être les choix techniques réalisés.

3. Implications pratiques, approfondissements et perspectives

3.1. Quelques implications pratiques de cette recherche

D'abord, nous espérons que ce travail pourra fournir quelques repères et des pistes de réflexivité, à des agronomes (ou zootechniciens), de la recherche et du développement agricole, souhaitant s'engager dans l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs. En ce sens, deux types de résultats émergent de cette recherche.

Nous avons montré que c'est au fil de la découverte de pratiques innovantes qu'émergent les démarches analytiques qui permettent de les étudier. Ainsi, plus qu'une 'bonne manière de faire', ce travail fournit des repères pour imaginer et adapter, dans une situation donnée, les démarches qui seront les plus appropriées. Nous n'avons pas encore travaillé à la formalisation de ces repères et clés de réflexivité, en vue de leur usage dans des situations d'action. Sous couvert d'échanges préalables avec des personnes qui s'en saisiraient, nous pouvons d'ores et déjà esquisser quelques enjeux, autour desquels pourraient être greffées des questions visant à stimuler la réflexivité des personnes qui s'y engagent. Un premier enjeu porte sur la clarification de la situation dans laquelle nous nous trouvons au moment de nous engager dans un tel travail : souhaite-t-on enrichir la conception de systèmes à expérimenter ? Quelles personnes souhaite-t-on y impliquer ? Un second enjeu concerne la formulation des visées : quelles anomalies cherche-t-on à rendre visible ? Et comment s'y prend-t-on ? Un champ de questionnement se rapporte à la manière d'interagir avec les agriculteurs concernés, et un autre à la manière de conduire l'analyse de ce qu'on en apprend. Enfin, deux champs de questions se rapportent à ce qu'on souhaite mettre en circulation à partir de ce qu'on a appris, comment s'y prendre, pour le faire et l'accompagner,

et, enfin, des questions relatives à ce que les agriculteurs impliqués retirent de ce processus. Nous avons montré, dans le chapitre 2, que les réponses que l'on peut donner à ces différentes questions sont étroitement interdépendantes.

Le deuxième type de résultats se rapporte à l'ensemble des expériences d'étude de pratiques innovantes que nous avons décrites et analysées, qui constituent autant d'exemples vécus d'articulation entre étude de pratiques d'agriculteurs, apprentissages pour les acteurs de la R&D et génération de contenus prescriptifs en agronomie. Nous avons eu l'occasion, au cours de cette thèse, de présenter certaines de ces expériences auprès de publics souhaitant s'engager dans de telles démarches, et nos résultats ont permis de fournir des points d'appui pour aider nos interlocuteurs à s'orienter dans la construction de démarches a priori inconnues.

Nous espérons aussi que ce travail pourra fournir quelques pistes de réflexion pour l'enseignement auprès d'étudiants qui travailleront dans le secteur agricole, quels que soient leurs futurs métiers. Une première se rapporte au premier chapitre de résultats (qui fut, pour moi, au début de cette thèse, une source de réflexivité sur ma pratique de l'agronomie !). Ce chapitre pourrait fournir des éléments complémentaires à ceux déjà présents dans les nombreux travaux sur l'histoire de l'agronomie, pour sensibiliser des étudiants à l'évolution de la discipline, dans l'optique de les inviter à être réflexif sur le contexte et les 'projets de transformation' dans lesquels se fondent leurs pratiques. Une autre piste renvoie à l'intérêt pédagogique de l'étude de pratiques d'agriculteurs comme support de l'apprentissage des approches systémique (Sebillotte, 1974 ; Ison, 2012) mais aussi comme source de sensibilisation à la coexistence d'une diversité de « manières de faire preuve ».

Enfin, de dernières implications concernent l'organisation de la recherche et du développement agricole, que nous formulerons sous forme de questions, suggérées par nos observations : quels intérêts et limites des formats des appels à projet actuels pour prendre en charge des dynamiques de conception innovante ? Celle-ci est-elle compatible avec la formalisation des tâches, la définition des partenariats et la spécification de ce qui sera produit, dès l'écriture du projet, comme nous l'avons vu dans certaines initiatives (ex. VivLéBio – financement conseil régional, Vitinnobio – projet CASDAR) ? Comment ménager des espaces, au sein des organisations existantes et dans un système de conception distribuée, pour naviguer entre 'exploitation' et 'exploration' (Lenfle, 2008) ? Enfin, quelle forme pourrait prendre une fonction 'Innovation' (Le Masson et al., 2006) qui se donnerait pour mission le repérage et la mise en commune de connaissances et concepts sur des initiatives anormales de la R&D agricole, visant à enrichir et renouveler le système français de R&D et de conseil ?

3.2. Approfondissements et perspectives

Nous revenons ici sur quelques perspectives ouvertes par ce travail, complémentaires à celles déjà évoqués dans les paragraphes précédents.

L'approche généalogique, telle que nous l'avons mobilisée dans le chapitre 1, pourrait être enrichie, notamment, dans la lignée du travail de Labatut et al. (2011), en explorant les formes d'hybridation entre régimes, les modalités de leurs coexistences et les dynamiques de transition, dans l'optique de mieux comprendre les tensions qui traversent aujourd'hui l'agronomie système, entre les études quantitatives basées sur des bases de données et les études compréhensives à dominante qualitative, et de construire les synergies entre ces approches... C'est sur le constat de l'émergence de nouvelles pratiques de conception en agronomie que prend racine l'étude de plusieurs cas, dans la suite de la thèse.

L'approche généalogique nous semble aussi être une approche d'intérêt en agronomie pour prendre du recul sur les méthodes, les objets et les concepts théoriques que nous manipulons dans nos recherches (ex. généalogie des concepts de système de culture ? De l'association d'espèces ?). Concernant les notions et concepts, ce travail a été entamé avec bonheur sur le site internet⁶⁹ des 'Mots de l'Agronomie', coordonné par Pierre Morlon, dont les rubriques, très documentées au plan historique, nous interpellent, comme le montrent les définitions du terme « Mauvaise herbe » rapportées dans les encadrés du chapitre 4. Dans ce sens, il nous semblerait très intéressant de discuter la généalogie de la notion de 'pratique' en agronomie, et dans la lignée des travaux pionniers des années 80 (Gras et al., 1989 ; Blanc-Pamard et al., 1992) qui faisaient référence à l'anthropologie, et revenir sur les théorisations actuelles de la 'pratique', dans d'autres disciplines, pour enrichir les manières de les appréhender en agronomie.

Les chapitres de résultat montrent que l'étude de pratiques d'agriculteurs peut reposer sur des choix épistémiques contrastés, qui chacun ont des implications différentes, et qui s'expriment tant dans les manières de conduire les approches systémiques, que dans les manières de formuler les inconnus désirables, ou dans la nature des connaissances produites et mises en circulation. Ces différences sont, à notre connaissance, encore peu débattues en agronomie (Doré et al., 2006). Mieux rendre visibles ces choix épistémiques, et les mettre en comparaison, offrirait des pistes pour discuter leurs complémentarités, leurs limites et leurs implications pour les acteurs qui s'y engagent.

Dans ce que nous avons appelé le 'régime de conception 5', les dynamiques d'innovation dépassent souvent (toujours ?) les enjeux agronomiques, et impliquent des acteurs des filières (Meynard et al., 2017), des territoires (Duru et al., 2015), et s'inscrivent parfois dans des réseaux d'acteurs sans ancrage physique (Klerkx et al., 2010). Dans la lignée de travaux ouverte par Achkar (2017) et Meynard et al. (2017), on pourrait étudier la coordination entre des innovations d'agriculteurs et d'autres acteurs (par exemple, dans le cas de Achkar (op.cit.), des transformateurs locaux), en s'intéressant aux hybridations entre objets au cours de leur conception. Le couplage des processus d'innovation ne concerne pas que le binôme « systèmes de culture – machines », abordé dans le chapitre 3. Notons que notre étude n'intègre pas de cas porté par des acteurs du secteur privé, bien que la dynamique que nous venons de

⁶⁹ <https://mots-agronomie.inra.fr/index.php/Accueil#tab=M>

décrire s'y opère aussi, et que leur rôle dans l'accompagnement au changement est aujourd'hui croissant dans les territoires agricoles (Labarthe et al., 2013 ; Di Bianco, 2018).

Nous avons étudié quelques objets originaux, mis en circulation à partir de l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs, mais ce ne sont que quelques objets, parmi un foisonnement d'autres aujourd'hui. Nous nous sommes avant tout intéressés aux contenus agronomiques écrits, rendant compte de connaissances explicitées/explicites et ce travail gagnerait à être enrichi par l'étude d'autres objets et formes de prescriptions émergentes aujourd'hui en agriculture (ex. Cerf et al., 2017), et par l'étude d'autres formes d'expression des apprentissages véhiculés par ces objets (ex. connaissances sensibles, savoir-faire, relations entre connaissances possédées et knowing... Labatut et al., 2009).

Enfin, ce travail a délibérément adopté le point de vue des acteurs de la R&D. Il nous semblerait très intéressant de l'enrichir par le point de vue des agriculteurs : pour instruire leurs regards sur ces démarches (qu'en pensent-ils, eux, de l'étude de pratiques innovantes, et que font-ils de ce qu'on produit avec?) mais aussi pour étudier la façon dont eux conduisent des études de pratiques innovantes chez d'autres agriculteurs, et s'appuient (ou non) sur les réseaux de R&D pour le faire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abay, F., Waters-Bayer, A., Bjornstad, A., 2008. Farmer's seed management and innovation in varietal selection: implication for barley breeding in Tigray, Northern Ethiopia. *Ambio* 37, 312–320.
- Abgrall, N., Brulé, A., Porhiel, J.-Y., Turlin, J.-P., 2016. La revue des Agri'novateurs.
- Achkar, T., 2017. Potentialités de la reconexion entre production agricole et transformation alimentaire : Analyse de différents couplages d'innovations dans le système alimentaire bio francilien.
- Acquier, A., Aggeri, F., 2008. Une généalogie de la pensée managériale sur la RSE. *Rev. Française Gest.* 1, 131–157. doi:10.3166/rfg.180.131-157
- ADEME, 2007. Evaluation des impacts environnementaux des techniques culturales sans labour (TCSL) en France.
- Agogué, M., 2012. Modéliser l'effet des biais cognitifs sur les dynamiques industrielles : innovation orpheline et architecte de l'inconnu.
- Agogué, M., Kazakçi, A., Hatchuel, A., Le Masson, P., Weil, B., Poirel, N., Cassotti, M., 2013. The Impact of Type of Examples on Originality : Explaining Fixation and Stimulation Effects. *J. Creat. Behav.* 48, 1–12. doi:10.1002/jocb.37
- Agrawal, A., 2002. Classification des savoirs autochtones : la dimension politique. *Rev. Int. des Sci. Soc.* 173, 325. doi:10.3917/riss.173.0325
- Albaladejo, C., Casabianca, F., 1997. Eléments pour un débat autour des pratiques de recherche-action. *Etud. Rech. Syst. Agraires Dev.* 127–149.
- Altieri, M., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystem. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74, 19–31. doi:10.1016/S0167-8809(99)00028-6
- Altieri, M., Toledo, V.M., 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *J. Peasant Stud.* 38, 587–612.
- Arnoux, F., 2013. Modéliser et organiser la conception innovante: le cas de l'innovation radicale dans les systèmes d'énergie aéronautiques.
- Atelier Paysan, 2017. Proposition d'un guide méthodologique pour les tournées de recensement d'innovations paysannes.
- Attoumani-Ronceux, A., et al. 2010. Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires.
- Aubry, C., Biarnès, A., Maxime, F., Papy, F., 1998. Modélisation de l'organisation technique de la production dans l'entreprise agricole : la constitution de systèmes de culture du Bassin Parisien. *Études Rech. Sur les Systèmes Agraires le Développement* 25–43.
- Audoynaud, A., 1877. De l'influence qu'exercent sur la vigne les engrais potassiques, in: Dehérain, P.P. (Ed.), *Annales Agronomiques*. C. Masson, Paris, pp. 50–60.
- Autret, B., Mary, B., Chenu, C., Balabane, M., Girardin, C., Bertrand, M., Grandeau, G., Beaudoin, N., 2016. Agriculture, Ecosystems and Environment Alternative arable cropping systems: A key to increase soil organic carbon storage? Results from a 16 year field experiment. *Agric. Ecosyst. Environ.* 232, 150–164. doi:10.1016/j.agee.2016.07.008
- Bachinger, J., Zander, P., 2007. ROTOR, a tool for generating and evaluating crop rotations for organic farming systems 26, 130–143. doi:10.1016/j.eja.2006.09.002
- Barbier, M., Elzen, B., 2012. System innovations, knowledge regimes and design practices towards transitions for sustainable agriculture. INRA, Paris.

- Barbier, J.-M., Goulet, F., 2013. Moins de technique, plus de nature : pour une heuristique des pratiques d'écologisation de l'agriculture. *Natures Sci. Sociétés* 21, 200–210. doi:10.1051/nss/2013094
- Barcellini, F., Prost, L., Cerf, M., 2015. Designers' and users' roles in participatory design: What is actually co-designed by participants? *Appl. Ergon.* 50, 31–40. doi:10.1016/j.apergo.2015.02.005
- Barot, S., Allard, V., Cantarel, A., Enjalbert, J., Gauffreteau, A., Goldringer, I., Lata, J., Roux, X. Le, Niboyet, A., Porcher, E., 2017. Designing mixtures of varieties for multifunctional agriculture with the help of ecology. A review. doi:10.1007/s13593-017-0418-x
- Barreteau, O., Bots, P.W.G., Daniell, K.A., 2010. A Framework for Clarifying "Participation" in Participatory Research to Prevent its Rejection for the Wrong Reasons. *Ecol. Soc.* 15, 22.
- Barzman, M.S., Mills, N.J., Cuc, N.T.T., 1996. Traditional knowledge and rationale for weaver ant husbandry in the Mekong delta of Vietnam. *Agric. Human Values* 13, 2–9. doi:10.1007/BF01530519
- Bawden, R.J., 1992. Systems approaches to agricultural development: The Hawkesbury experience. *Agric. Syst.* 40, 153–176. doi:https://doi.org/10.1016/0308-521X(92)90019-K
- Béguin, P., Cerf, M., 2009. Dynamique des savoirs, dynamique des changements. *Octarès*.
- Bellon Maurel, V., Huyghe, C., 2017. Putting agricultural equipment and digital technologies at the cutting edge of agroecology. *Ocl* 24, D307. doi:10.1051/ocl/2017028
- Belmin, R., 2016. Construction de la qualité de la clémentine de Corse sous Indication Géographique Protégée. Analyse des pratiques agricoles et du système sociotechnique.
- Bergeret, P., 2011. Transversalité, innovation et partenariats au cœur des réseaux mixtes technologiques. *Innov. Agron.* 18, 1–4.
- Bergez, J.E., Colbach, N., Crespo, O., Garcia, F., Jeuffroy, M.H., Justes, E., Loyce, C., Munier-Jolain, N., Sadok, W., 2010. Designing crop management systems by simulation. *Eur. J. Agron.* 32, 3–9. doi:10.1016/j.eja.2009.06.001
- Bernard de Raymond, A., Goulet, F., 2014. Sociologie des grandes cultures. Au cœur du modèle industriel agricole, Quae. ed. Versailles.
- Berthet, E., 2013. Contribution à une théorie de la conception des agro-écosystèmes Fonds écologique et inconnu commun. *MinesParisTech*.
- Berthet B., Vourc'h G., Athès V., Brun J., Meynard J.M., Prost L., Salembier C. 2019. Guide pratique : Piloter un processus collectif de conception innovante, Document INRA-IDEAS, 23 p.
- Biarnès, A., Milleville, P., 1998. Du fonctionnement de l'agrosystème aux déterminants des choix techniques, in: Biarnès, A. (Ed.), *La Conduite Du Champ Cultivé*. Points de Vue d'agronomes. ORSTOM, Paris, pp. 13–25.
- Biggs, S.D., 1985. A Farming Systems Approach : Some Unanswered Questions. *Agric. Adm.* 1–12. doi:10.1016/0309-586X(85)90037-8
- Blanchard, M., Vall, É., Tinguéri Loumbana, B., Meynard, J.-M., 2017. Identification, caractérisation et évaluation des pratiques atypiques de gestion des fumures organiques au Burkina Faso : sources d'innovation ? *Aurtepart* 115–133.
- Blanchet, A., Gotman, A., 2015. L'enquête et ses méthodes: l'entretien. Armand Colin.
- Blanc-Pamard, C., Deffontaines, P., Friedberg, C., 1992. Techniques et pratiques : à la jonction du naturel et du social, in: Jollivet, M. (Ed.), *Sciences de La Nature, Sciences de La Société*. CNRS Editions, Paris, pp. 347–357.
- Blanc-Pamard C., Milleville Pierre. 1985. Pratiques paysannes, perception du milieu et système agraire. In : *Dynamique des systèmes agraires : à travers champs agronomes et géographes*. Paris : ORSTOM, 101-138. (Colloques et Séminaires). *Dynamique des Systèmes Agraires : A Travers Champs*, Paris (FR), 1984. ISBN 2-7099-0756-9

- Blazy, J., Ozier-Lafontaine, H., Doré, T., Thomas, A., Wery, J., 2009. A methodological framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe. *Agric. Syst.* 101, 30–41. doi:10.1016/j.agsy.2009.02.004
- Blondel-Mégréris, M., Robin, P., 2002. 1800 et 1840, physiologie végétale et chimie agricole. Liebig, une fondation à questionner, in: Belmont, A. (Ed.), *Autour d'Olivier de Serres : Pratiques Agricoles et Pensée Agronomique, Du Néolithique Aux Enjeux Actuels*. Presses Universitaires de Rennes/A.H.S.R., pp. 275–296.
- Bockstaller, C., Guichard, L., Makowski, D., Aveline, A., Girardin, P., Plantureux, S., 2008. Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 28, 139–149.
- Boiffin, J., Benoît, M., Bail, M. Le, Papy, F., Stengel, P., 2014. Agronomy, land, and territory: Working on and for territorial development, the stakes for agronomy. *Cah. Agric.* 23, 72–83. doi:10.1684/agr.2014.0688
- Boiffin, J., Caneill, J., Meynard, J., Sebillotte, M., 1981. Elaboration du rendement et fertilisation azotée du blé d'hiver en Champagne crayeuse I. - Protocole et méthode d'étude d'un problème technique régional. *Agronomie* 1, 549–558.
- Boiffin, J., Chopplet, M., 2016. L'articulation recherche- développement et son organisation territoriale, défi pour l'agronomie : l'expérience Agro-Transfert. *Agron. Environ. sociétés* 5, 55–63.
- Bonauto, T., Bendahan, A.B., Sabatier, R., Ryschawy, J., Bellon, S., Leger, F., Magda, D., Tichit, M., 2014. Agroecological principles for the redesign of integrated crop-livestock systems. *Eur. J. Agron.* 57, 43–51. doi:10.1016/j.eja.2013.09.010
- Bonneuil C., Demeulenaere E., 2007. «Une génétique de pair à pair ? L'émergence de la sélection participative », in F. Charvolin, A. Micoud et L. K. Nyhart, dir. *Les sciences citoyennes. Vigilance collective et rapport entre profane et scientifique dans les sciences naturalistes*. Ed. de l'Aube, 122 - 147.
- Bonneuil, C., Denis, G., Mayaud, J.-L., 2008. *Sciences, chercheurs et agriculture. Pour une histoire de la recherche agronomique*. Quae-L'Harmattan, Paris.
- Bonneuil, C., Thomas, F., 2009. *Gènes, pouvoirs et profits. Recherche publique et régimes de production des savoirs de Mendel aux OGM*. Quae, Versailles.
- Bos, A.P., Groot Koerkamp, P.W.G., Gosselink, J.M.J., Bokma, S., 2009. Reflexive interactive design and its application in a project on sustainable dairy husbandry systems. *Outlook Agric.* 38, 137–145. doi:10.5367/000000009788632386
- Boulaine, J., 1992. *Histoire de l'agronomie en France*. Lavoisier TEC et DOC, Paris.
- Boulaine, J., Legros, J.-P., 1998. *D'Olivier de Serres à René Dumont. Portraits d'agronomes*. Lavoisier, Paris.
- Bouman, B.A.M., Van Keulen, H., Van Laar, H.H., Rabbinge, R., 1996. The “School of de Wit” Crop Growth Simulation Models: A Pedigree and Historical Overview. *Agric. Syst.* 52, 171–198. doi:10.1016/0308-521X(96)00011-X
- Bournigal, J.-M., 2014. *Définir ensemble le futur du secteur des agroéquipements*.
- Brandsæter, L.O., Mangerud, K., Rasmussen, J., 2012. Interactions between pre- and post-emergence weed harrowing in spring cereals. *Weed Res.* 52, 338–347. doi:10.1111/j.1365-3180.2012.00925.x
- Bredart, D., Stassart, P.M., 2017. When farmers learn through dialog with their practices : A proposal for a theory of action for agricultural trajectories. *J. Rural Stud.* 53, 1–13. doi:10.1016/j.jrurstud.2017.04.009
- Brevault, T., Renou, A., Vayssieres, J.F., Amadji, G., Assogba-Komlan, F., Diallo, M.D., De Bon, H., Diarra, K., Hamadoun, A., Huat, J., Marnotte, P., Menozzi, P., Prudent, P., Rey, J.Y., Sall, D., Silvie, P., Simon, S., Sinzogan, A., Soti, V., Tamo, M., Clouvel, P., 2014. *DIVECOSYS: Bringing together*

- researchers to design ecologically-based pest management for small-scale farming systems in West Africa. *Crop Prot.* 66, 53–60. doi:10.1016/j.cropro.2014.08.017
- Briggs, J., 2013. Indigenous knowledge: A false dawn for development theory and practice? *Prog. Dev. Stud.* 3, 231–243. doi:10.1177/1464993413486549
- Brives, H., 2008. L'évolution du conseil agricole et du rôle des chambres d'agriculture. *Pour* 208–219. doi:10.3917/pour.196.0208
- Brugnach, M., Dewulf, A., Pahl-Wostl, C., & Taillieu, T. 2008. Toward a relational concept of uncertainty: about knowing too little, knowing too differently, and accepting not to know. *Ecology and Society*, 13(2), 30.
- Byé, P., 2009. Mécanisation de l'agriculture et industrie du machinisme agricole : le cas du marché français. *Économie Rural.* 130, 46–59. doi:10.3406/ecoru.1979.2625
- Cardoso, I.M., Guijt, I., Franco, F., Carvalho, A.F., Ferreira Neto, P.S., 2001. Continual learning for agroforestry system design : University, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. *Agric. Syst.* 69, 235–257. doi:10.1016/S0308-521X(01)00028-2
- Cadoux, S., Sauzet, G., 2016. Colza associé à un couvert de légumineuses gélives.
- Capillon, A., 1993. Typologie des exploitations agricoles, contribution à l'étude régionale des problèmes techniques. INA-PG Paris.
- Capillon, A., Caneill, J., 1987. Du champ cultivé aux unités de production un itinéraire obligé pour l'agronome. *Cah. Sci. Hum.* 23, 409–420.
- Carvajal Perez, D., 2018. Gérer le Patrimoine de Création de Dom Pérignon: Modéliser et organiser la transmission de connaissances pour la générativité.
- Catalogna, M., 2018. Expérimentations de pratiques agroécologiques réalisées par les agriculteurs : Proposition d'un cadre d'analyse à partir du cas des grandes cultures et du maraîchage diversifié.
- Catalogna, M., Dubois, M., Navarrete, M., 2018. Diversity of experimentation by farmers engaged in agroecology. *Agron. Sustain. Dev.* 38. doi:10.1007/s13593-018-0526-2
- Cerf, M., Barbier, M., Jeuffroy, M.-H., Cardona, A., Le Bail, M., Prost, L., 2017. La transition vers la réduction de l'usage des pesticides au prisme de l'intermédiation. *Innov. Agron.* 59, 171–189.
- Cerf, M., Jeuffroy, M.H., Prost, L., Meynard, J.M., 2012. Participatory design of agricultural decision support tools: Taking account of the use situations. *Agron. Sustain. Dev.* 32, 899–910. doi:10.1007/s13593-012-0091-
- Cerf, M., Meynard, J.-M., 2006. Les outils de pilotage des cultures : diversité de leurs usages et enseignements pour leur conception. *Natures Sci. Sociétés* 14, 19–29. doi:10.1051/nss:2006004
- Cerf, M., Sebillotte, M., 1997. Approche cognitive des décisions de production dans l'exploitation agricole. *Économie Rural.* 239, 11–18. doi:10.3406/ecoru.1997.4862
- Cerf, M., Papy, F., Aubry, C., Meynard, J.-M., 1990. Théorie agronomiques et aide à la décision, in: Brossier, J., Vissac, B., Le Moigne, J.L. (Eds.), *Modélisation Systémique et Système Agraires; Décision et Organisation*. INRA, pp. 181–202.
- Chambers, R., Pacey, A., Thrupp, L.A., 1989. *Farmer first: farmer innovation and agricultural research*. Intermediate Technology Publications, London.
- Chantre, E., 2011. Apprentissages des agriculteurs vers la réduction d'intrants en grandes cultures : Cas de la Champagne Berrichonne de l'Indre dans les années 1985-2010. *AgroParisTech*.
- Chantre, E., Cardona, A., 2014. Trajectories of French Field Crop Farmers Moving Toward Sustainable Farming Practices: Change, Learning, and Links with the Advisory Services. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 38, 573–602. doi:10.1080/21683565.2013.876483

- Chatelin, M.H., Aubry, C., Poussin, J.C., Meynard, J.M., Massé, J., Verjux, N., Gate, P., Le Bris, X., 2005. DéciBlé, a software package for wheat crop management simulation. *Agric. Syst.* 83, 77–99. doi:10.1016/j.agsy.2004.03.003
- Chopin, P., Blazy, J., Guindé, L., Wery, J., Doré, T., 2017. A framework for designing multi-functional agricultural landscapes : Application to Guadeloupe Island. *Agric. Syst.* 157, 316–329. doi:10.1016/j.agsy.2016.10.003
- Choulier, D., 2009. Comprendre l'activité de conception. Université de Technologies de Belfort-Montbéliard (UTBM).
- Churchill, J., von Hippel, E.A., Sonnack, M., 2009. Lead User Project Handbook : A practical guide for lead user project teams. Handbook 1–168.
- Clermont-Dauphin, C., Cabidoche, Y. M., & Meynard, J. M. (2004). Effects of intensive monocropping of bananas on properties of volcanic soils in the uplands of the French West Indies. *Soil Use and Management*, 20(2), 105-113.
- Cochet, H., 2015. Comparative Agriculture, Comparative Agriculture. doi:10.1007/978-94-017-9828-0
- Cohen, A.G., 2017. Des lois agronomiques à l'enquête agroécologique. Esquisse d'une épistémologie de la variation dans les agroécosystèmes. *Tracés* 51–72. doi:10.4000/traces.6989
- Compagnone, C., Prévost, P., Simonneaux, L., Léville, D., Meyer, M., Barbot, C., 2016. L'agronomie : une science normale interrogée par la biodynamie ?. *Agron. Environ. sociétés* 6, 107–113.
- Compagnone, C., Lamine, C., Dupré, L., 2018. La production et la circulation des connaissances en agriculture interrogées par l'agro-écologie. *Rev. d'anthropologie des connaissances* 12,2, 111. doi:10.3917/rac.039.0111
- Cook, S.D.N., Brown, J.S., 1999. Bridging Epistemologies : The Generative Dance between Organizational Knowledge and Organizational Knowing. *Organ. Sci.* 10, 381–400.
- Coquil, X., 2014. Transition des systèmes de polyculture élevage laitiers vers l'autonomie Une approche par le développement des mondes professionnels. Thèse de doctorat en agronomie, AgroParisTech, Mirecourt, 228p.
- Coquil, X., Cerf, M., Auricoste, C., Joannon, A., Barcellini, F., Cayre, P., Chizallet, M., Dedieu, B., Hostiou, N., Hellec, F., Lusson, J.-M., Olry, P., Omon, B., Prost, L., 2018. Questioning the work of farmers, advisors, teachers and researchers in agro-ecological transition. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 38. doi:10.1007/s13593-018-0524-4
- Corenwinder, B., Woussen, H., 1875. Les engrais chimiques et la betterave, recherches faites à Houdain (Pas-de-Calais), in: Dehérain, P.P. (Ed.), *Annales Agronomiques*. C. Masson, Paris, pp. 8–16.
- Cornu, P., 2012. La passion naturaliste. Trois études d'anthropologie historique de la «question agraire» à l'époque contemporaine.
- Cornu, P., 2014. Crise des « grandes cultures » et émergence de l'agronomie systémique en France au tournant des années 1970-1980, in: Bernard de Raymond, A., Goulet, F. (Eds.), *Sociologie Des Grandes Cultures*. Quæ, Versailles, pp. 27–44. doi:10.3917/quæ.berna.2014.01.0027
- Cox, P.G., 1996. Some issues in the design of agricultural decision support systems. *Agric. Syst.* 52, 355–381. doi:10.1016/0308-521X(96)00063-1
- Cristofari, H., 2018. Une analyse pragmatiste des processus d'apprentissage en agroécologie : le cas de l'agriculture de conservation.
- Cristofini, B., Deffontaines, J.-P., Raichon, C., De Verneuil, B., 1978. Pratiques d'élevage en Castagniccia. Exploration d'un milieu naturel et social en Corse. *Etud. Rurales* 71–72, 89–109.
- Cros, C., 2017. Les apports de matières organiques.

- Cross, N., 1993. Science and design methodology: a review. *Res. Eng. Des.* 63–69. doi:10.1007/BF02032575
- Darnhofer, I., Bellon, S., Dedieu, B., Milestad, R., 2010. Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 545–555. doi: <https://doi.org/10.1051/agro/2009053>
- Darré, J.P., Le Guen, R., Lemery, B., 1989. Changement technique et structure professionnelle locale en agriculture. *Econ. Rural.*
- Darré, J.P., Mathieu, A., Lasseur, J., 2004. Le sens des pratiques. Conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes. INRA.
- Darses F., Falzon P. (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. In G. de Terssac & E. Friedberg (Eds). *Coopération et Conception*. Toulouse : Octarès.
- David, A., 2000. La recherche intervention, un cadre général pour les sciences de gestion ?, in: IXème Conférence Internationale de Management Stratégique Montpellier, 24 Au 26mai 2000. Montpellier, p. 22.
- Dedieu, B., Chia, E., Leclerc, B., Moulin, C.H., Tichit, M., 2008. L'élevage en mouvement. Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores. Quae, Paris.
- Deffontaines, J.P., 1973. Analyses de situation dans différentes régions de France : freins à l'adoption d'innovations techniques. *Etud. Rurales* 80–90. doi:10.3406/rural.1973.1912
- Delecourt, E., 2018. Prise en compte du travail dans les changements de pratiques vers l'agroécologie : Outils et informations pour l'accompagnement des agriculteurs.
- Demeulenaere, É., Goldringer, I., 2017. Semences et transition agroécologique : initiatives paysannes et sélection participative comme innovations de rupture. *Natures Sci. Sociétés* 25, S55–S59. doi:10.1051/nss/2017045
- Demolon, A., 1946. L'évolution scientifique et l'agriculture française. Flammarion, Paris.
- Denis, G., 2001. Pratiques paysannes et théories savantes préagronomiques au XVIIIe siècle : Le cas des débats sur la transmission des maladies des grains de blé. *Rev. Hist. Sci. Paris.* 54, 451–494.
- Denis, G., 2001a. Du physicien agriculteur du dix-huitième siècle à l'agronome du vingtième siècle: mise en place d'un champ de recherche et enseignement. *Comptes rendus des séances de l'Académie d'agriculture de France*. Paris.
- Denis, G., 2007. Pratiques paysannes, théories savantes et transmission des maladies des blés (1730-1760). *Les Nouv. d'Archimède* 14–15.
- Di Bianco, S., 2018. Recadrer le conseil par l'agriculture écologiquement intensive. *Rev. d'anthropologie des connaissances* 12,2, 171. doi:10.3917/rac.039.0171
- Dogliotti, S., Rossing, W.A.H., Van Ittersum, M.K., 2003. ROTAT, a tool for systematically generating crop rotations. *Eur. J. Agron.* 19, 239–250. doi:10.1016/S1161-0301(02)00047-3
- Dolinska, A., 2017. Bringing farmers into the game. Strengthening farmers' role in the innovation process through a simulation game, a case from Tunisia. *Agric. Syst.* 157, 129–139. doi:10.1016/j.agsy.2017.07.002
- Doré, T., Le Bail, M., Martin, P., Ney, B., Roger-Estrade, J., 2006. L'agronomie aujourd'hui. Quae, Versailles.
- Doré, T., Le Bail, M., 2016. Savoirs et connaissances: conseils pris par les agronomes auprès des sciences sociales. *Agron. Environ. sociétés* 6, 39–41.
- Doré, T., Makowski, D., Malézieux, E., Munier-Jolain, N., Tchamitchian, M., Tittonell, P., 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge. *Eur. J. Agron.* 34, 197–210. doi:10.1016/j.eja.2011.02.006

- Doré, T., Sebillotte, M., Meynard, J.M., 1997. A Diagnostic Method for Assessing Regional Variations in Crop Yield. *Agric. Syst.* 54, 169–188. doi:10.1016/S0308-521X(96)00084-4
- Doré, T., Clermont-Dauphin, C., Crozat, Y., David, C., Jeuffroy, M., Loyce, C., Makowski, D., Malézieux, E., Meynard, J.M., Valentin-Morison, M., 2008. Methodological progress in on-farm regional agronomic diagnosis. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 28, 151–161. doi:10.1051/agro
- Douthwaite, B., Hoffecker, E., 2017. Towards a complexity-aware theory of change for participatory research programs working within agricultural innovation systems. *Agric. Adm.* 155, 88–102. doi:10.1016/j.agry.2017.04.002
- Duhamel du Monceau, H.L., 1762. *Eléments d’Agriculture, Tome II.* ed. H. L. Guérin et L. F. Delatour, Paris.
- Dumez, H., 2013. Qu’est-ce que la recherche qualitative ? Problèmes épistémologiques, méthodologiques et de théorisation. *Ann. des Mines - Gérer Compr.* 112, 29. doi:10.3917/geco.112.0029
- Dupré, M., 2015. Traque aux associations d’espèces en maraichage sous abri: un levier pour gérer la santé des plantes?
- Duru, M., 2013. Combining agroecology and management science to design field tools under high agrosystem structural or process uncertainty: Lessons from two case studies of grassland management. *Agric. Syst.* 114, 84–94. doi:10.1016/j.agry.2012.09.002
- Duru, M., Therond, O., Fares, M., 2015. Designing agroecological transitions; A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 1237–1257. doi:10.1007/s13593-015-0318-x
- Duru, M., Papy, F., Soler, L.G., 1988. Le concept de modèle général et l’analyse du fonctionnement de l’exploitation agricole. *C.R. Acad. Agric. Fr.* 74, 81–93.
- Elmqvist, M., Segrestin, B., 2007. Towards a New Logic for Front End Management : From Drug Discovery to Drug Design in Pharmaceutical R & D 1–15. doi:10.1111/j.1467-8691.2007.00424.x
- Elmqvist, M., Segrestin, B., 2009. Sustainable development through innovative design: lessons from the KCP method experimented with an automotive firm. *Int. J. Automot. Technol. Manag.* 9, 229–244. doi:10.1504/IJATM.2009.026399
- Etienne, M., 2010. *La modélisation d’accompagnement. Une démarche participative en appui au développement durable.* Quae, Versailles.
- Fallen, C., 2012. *L’anomalie créatrice.* Editions Kimé, Paris.
- FAO, 2013. *Mechanization for Rural Development : A review of patterns and progress, Integrated Crop Management Vol. 20-2013.* doi:10.1103/PhysRevLett.43.1494
- Fourati-Jamoussi, F., 2018. Evolutions agrotechnique contemporaine II. Transformations de l’agro-machinisme: fonction, puissance, information, invention, in: Caroux, C., Dubois, M., Sauvé, L. (Eds.), *Quelques Tendances de l’innovation Des Firmes de l’agro-Machinisme.* Université de technologie de Belfort-Montbéliard, Belfort-Montbéliard, pp. 71–81.
- Favrelière, E., Ronceux, A., 2016. *Biologie et moyens de gestion des adventices vivaces sans herbicides.* Fiches Thématiques.
- Feike, T., Chen, Q., Graeff-Hönninger, S., Pfenning, J., Claupein, W., 2010. Farmer-developed vegetable intercropping systems in southern Hebei, China. *Renew. Agric. Food Syst.* 25, 272–280.
- Ferguson, R.S., Lovell, S.T., 2014. Permaculture for agroecology : design, movement, practice, and worldview. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 251–274. doi:10.1007/s13593-013-0181-6
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoef, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C., Poincelot, R., 2003. *Agroecology : The Ecology of Food Systems.* *J. Sustain. Agric.* 22, 99–118. doi:10.1300/J064v22n03

- Gaba, S., Lescourret, F., Boudsocq, S., Enjalbert, J., Hinsinger, P., Journet, E.P., Navas, M.L., Wery, J., Louarn, G., Malézieux, E., Pelzer, E., Prudent, M., Ozier-Lafontaine, H., 2015. Multiple cropping systems as drivers for providing multiple ecosystem services: from concepts to design. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 607–623. doi:10.1007/s13593-014-0272-z
- Gaudillière, J.-P., Joly, P.-B., 2006. Appropriation et régulation des innovations biotechnologiques : pour une comparaison transatlantique. *Sociol. Trav.* 48, 330–349. doi:10.1016/j.socotra.2006.05.003
- Geels, F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Res. Policy* 31, 1257–1274.
- Gero, J., Kannengiesser, U., 2008. An ontology of Donald Schon's reflection in designing. *Int. J. Des. Sci. Technol.* 15, 77–90.
- Girard, N., 2014. Quels sont les nouveaux enjeux de gestion des connaissances ? L'exemple de la transition écologique des systèmes agricoles. *Rev. Int. psychosociologie Gest. des Comport. Organ.* 49, 51–78.
- Girard, N., Bellon, S., Hubert, B., Lardon, S., Moulin, C., Osty, P.-L., 2001. Categorising combinations of farmers' land use practices : an approach based on examples of sheep farms in the south of France. *Agronomie* 21, 435–459. doi: <https://doi.org/10.1051/agro:2007046>
- Girard, N., Hubert, B., 1999. Modelling expert knowledge with knowledge-based systems to design decision aids. The example of a knowledge-based model on grazing management. *Agric. Syst.* 59, 123–144.
- Girard, N., Navarrete, M., 2005. Quelles synergies entre connaissances scientifiques et empiriques ? L'exemple des cultures du safran et de la truffe. *Natures Sci. Sociétés* 13, 33–44. doi:10.1051/nss:2005004
- Goulet, F., 2017. Explorer et partager. Les expériences de réduction des pesticides dans une revue professionnelle agricole. *Econ. Rural.* 103–120.
- Goulet, F., 2018. Le recherche agronomique et l'innovation: essai d'analyse sociohistorique, in: Faure, G., Chiffolleau, Y., Goulet, F., Temple, L., Touzard, J.M. (Eds.), *Innovation et Développement Dans Les Systèmes Agricoles et Alimentaires*. Quae, pp. 57–66.
- Goulet, F., Pervanchon, F., Conteau, C., Cerf, M., 2008. Les agriculteurs innovent par eux-mêmes pour leurs systèmes de culture, in: Doré, T., Reau, R. (Eds.), *Systèmes de Culture Innovants et Durables : Quelles Méthodes Pour Les Mettre Au Point et Les Évaluer ?* Educagri, Dijon, pp. 53–67.
- Goulet, F., Vinck, D., 2015. L'innovation par retrait. Contribution à une sociologie du détachement. *Revue française de sociologie*. doi:10.3917/rfs.532.0195
- Grandeau, L., 1869. Stations agronomiques et laboratoires agricoles. But, organisation, personnel, budget, travaux de ces établissements. Librairie agricole de la Maison Rustique, Paris.
- Gras, R., Benoit, M., Deffontaines, J.P., Duru, M., Lafarge, M., Langlet, A., Osty, P.L., 1989. Le fait technique en agronomie. L'Harmattan, Paris.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Bos, A.P., 2008. Designing complex and sustainable agricultural production systems: an integrated and reflexive approach for the case of table egg production in the Netherlands. *NJAS - Wageningen J. Life Sci.* 55, 113–138. doi:10.1016/S1573-5214(08)80032-2
- Guillou, M., Guyomard, H., Huyghe, C., Peyraud, J.-L., 2013. Vers des agriculteurs doublement performantes pour concilier compétitivité et respect de l'environnement.
- Guyomard, H., Boiffin, J., Cerf, M., Colleu-Gourvennec, S., Coudurier, B., Coulon, J.-B., Georget, M., Guichaoua, A., Herbinaut, B., Huyghe, C., Meynard, J.-M., Peyraud, J., Wallet, F., 2011. *L'Inra et le monde agricole : des partenariats pour l'innovation*. Paris.
- Hatchuel, A., 2005. Quelle analytique de la conception ? Parure et pointe en Design., in: *Le Design En Question(S)*. pp. 1–12.

- Hatchuel, A. 2008. Quels horizons pour les sciences de gestion? Vers une théorie de l'action collective. In R. David, Albert; Hatchuel, Armand; Laufer (Ed.), *Les nouvelles fondations des sciences de gestion* (FNEGE, p. 216). Paris.
- Hatchuel, A., 2019. De la théorie de la conception à l'épistémologie générique : un parcours de recherche avec Anne-Françoise Schmid, in: Chrysos, P., Gentès, A. (Eds.), *L'Aventure Épistémologique Contemporaine*. Editions Kimé, Paris, pp. 345–349.
- Hatchuel, A., Le Masson, P., Reich, Y., Eswaran, S., 2017. Design theory : a foundation of a new paradigm for design science and engineering. *Res. Eng. Des.* doi:10.1007/s00163-017-0275-2
- Hatchuel, A., Reich, Y., Le Masson, P., Weil, B., Kazakçi, A., 2013. Beyond Models and Decisions : Situating Design Through Generative Functions, in: *ICED13: 19th International Conference on Engineering Design*. Séoul, pp. 1–10. doi: hal-01485144
- Hatchuel, A., Klasing Chen, M., 2017. Creativity under Strong Constraints : the Hidden Influence of Design Models traduction. *Eur. Rev.* 25, 194–207. doi: <https://doi.org/10.1017/S1062798716000557>
- Hatchuel, A., Le Masson, P., Reich, Y., Eswaran, S., 2017. Design theory : a foundation of a new paradigm for design science and engineering. *Res. Eng. Des.* doi:10.1007/s00163-017-0275-2
- Hatchuel, A., Reich, Y., Le Masson, P., Weil, B., Kazakçi, A., 2013. Beyond Models and Decisions : Situating Design Through Generative Functions, in: *ICED13: 19th International Conference on Engineering Design*. Séoul, pp. 1–10. doi:<hal-01485144>
- Hatchuel, A., Weil, B., 1992. L'expert et le système : gestion des savoirs et métamorphose des acteurs dans l'entreprise industrielle; suivi de Quatre histoires de systèmes-experts. *Economica*, Paris.
- Hatchuel, A., Weil, B., 2002. La théorie C-K : Fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception, in: Colloque « Sciences de La Conception », Lyon. pp. 1–24.
- Hatchuel, A., Weil, B., 2003. A new approach of innovative design: an introduction to C-K theory, in: Folkesson, A., Gralen, K., Norell, M., Sellgren, U. (Eds.), *International Conference on Engineering Design*. Stockholm, pp. 109–110.
- Hatchuel, A., Weil, B., 2008. *Les nouveaux régimes de conception*. Langages, théories, métiers, Vuibert Ce. ed. Paris.
- Hatchuel, A., Weil, B., 2009. C-K design theory : an advanced formulation. *Res. Eng. Des.* 19, 181–192. doi:10.1007/s00163-008-0043-4
- Hatchuel, A., Weil, B., Le Masson, P., 2013. Towards an ontology of design : lessons from CK design theory and Forcing. *Res. Eng. Des.* 24, 147–163. doi: 10.1007/s00163-012-0144-y
- Hazard, L., Steyaert, P., Martin, G., Couix, N., Navas, M.L., Duru, M., Lauvie, A., Labatut, J., 2018. Mutual learning between researchers and farmers during implementation of scientific principles for sustainable development: The case of biodiversity-based agriculture. *Sustain. Sci.* 13, 517–530. doi:10.1007/s11625-017-0440-6
- Hébert, J., 1969. La fumure azotée du blé tendre d'hiver. *Bull. Tech. d'Information* 244, 755–766.
- Hénin, S., Gras, R., Monnier, G., 1969. Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Masson, Paris.
- Herencia, J.F., Maqueda, C., 2017. Effects of time and dose of organic fertilizers on soil fertility, nutrient content and yield of vegetables. *J. Agric. Sci.* 154, 1343–1361. doi:10.1017/S0021859615001136
- Hill, S., Mac Rae, R.J., 1996. Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture. *J. Sustain. Agric.* 7, 81–87.
- Huh, J.-H., Kim, K.-Y., 2018. Time-Based Trend of Carbon Emissions in the Composting Process of Swine Manure in the Context of Agriculture 4.0. *Processes* 6, 168. doi:10.3390/pr6090168
- Husson, O., Tran Quoc, H., Boulakia, S., Chabanne, A., Tivet, F., Bouzinac, S., Lienhard, P., Michellon, R., Chabierski, S., Boyer, J., Enjalric, F., Rakotondramanana, Moussa, N., Jullien, F., Balarabe, O.,

- Rattanatray, B., Castella, J.-C., Charpentier, H., Séguy, L., 2016. Co-designing innovative cropping systems that match biophysical and socio-economic diversity: The DATE approach to Conservation Agriculture in Madagascar, Lao PDR and Cambodia. *Renew. Agric. Food Syst.* 31, 452–470. doi:10.1017/S174217051500037X
- Ingram, J., 2008. Agronomist – farmer knowledge encounters : an analysis of knowledge exchange in the context of best management practices in England. *Agric. Human Values* 405–418. doi:10.1007/s10460-008-9134-0
- Ison, R., 2012. Systems practice: Making the systems in Farming Systems Research effective, in: *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*. Springer, New York London, p. 499.
- Jagoret, P., Michel-Dounias, I., Snoeck, D., Todem Ngnogue, H., Malezieux, E., 2012. Afforestation of savannah with cocoa agroforestry systems : a small-farmer innovation in central Cameroon. *Agroforestry Syst.* 493–504. doi:10.1007/s10457-012-9513-9
- Jansson, D.G., Smith, S.M., 1991. Design fixation. *Des. Stud.* 12, 3–11. doi : [https://doi.org/10.1016/0142-694X\(91\)90003-F](https://doi.org/10.1016/0142-694X(91)90003-F)
- Jas, N., 2001. Au carrefour de la chimie et de l’agriculture. Editions des archives contemporaines, Paris.
- Jas, N., 2005. Déqualifier le paysan, introniser l’agronome, France 1840-1914. *Ecol. Polit.* 2, 45–55.
- Jeuffroy, M.H., Casadebaig, P., Debaeke, P., Loyce, C., Meynard, J.M., 2014. Agronomic model uses to predict cultivar performance in various environments and cropping systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 121–137. doi:10.1007/s13593-013-0170-9
- Jeuffroy, M.-H., Pelzer, E., Bedoussac, L., 2018. Construction et évaluation de scénarios territoriaux d’insertion de légumineuses. 70p.
- Jeuffroy, M.-H., Prost, L., 2015. Centre de ressources sur la conception dans les domaines de l’agriculture, de l’environnement et de l’alimentation: intérêt et conditions de faisabilité.
- Joly, P.-B., 2017. Beyond the Competitiveness Framework? Models of Innovation Revisited. *J. Innov. Econ.* 22, 79. doi:10.3917/jie.pr1.0005
- Jourdheuil, P., 1977. Stratégie de lutte contre les insectes du colza. *Bull. CETIOM* 3–16.
- Kirui, O., von Braun, J., 2018. Mechanization in African Agriculture: A Continental Overview on Patterns and Dynamics. *SSRN Electron. J.* doi:10.2139/ssrn.3194466
- Klerkx, L., Leeuwis, C., 2009. Technological Forecasting & Social Change Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels : Insights from the Dutch agricultural sector. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 76, 849–860. doi:10.1016/j.techfore.2008.10.001
- Klerkx, L., Aarts, N., Leeuwis, C., 2010. Adaptive management in agricultural innovation systems : The interactions between innovation networks and their environment. *Agric. Syst.* 103, 390–400. doi:10.1016/j.agsy.2010.03.012
- Klerkx, L., van Bommel, S., Bos, B., Holster, H., Zwartkruis, J. V., Aarts, N., 2012. Design process outputs as boundary objects in agricultural innovation projects: Functions and limitations. *Agric. Syst.* 113, 39–49. doi:10.1016/j.agsy.2012.07.006
- Knittel, F., 2007. Mathieu de Dombasle. Agronomie et innovayion. 1750-1850. Thèse de doctorat en histoire, Université de Nancy II, Nancy, 487p.
- Knittel, F., 2010. L’Europe agronomique de C. J. A. Mathieu de Dombasle. *Rev. Hist. Mod. Contemp.* 57, 119–138. doi:10.3917/rhmc.571.0119
- Koller, J., 1969. L’emploi de substances nanisantes dans la culture du blé tendre. *Bull. Tech. d’Information* 244, 771–777.
- Kropff, M.J., Bouma, J., Jones, J.W., 2001. Systems approaches for the design of sustainable agro-ecosystems 70, 369–393. doi: [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00052-X](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00052-X)

- Labatut, J., Aggeri, F., Bibe, B., Girard, N., 2011. Construire l'animal sélectionnable. *Rev. d'anthropologie des connaissances* 5, 2, 302. doi:10.3917/rac.013.0302
- Labatut, J., Aggeri, F., Astruc, J.M., Bibé, B., Girard, N., 2009. The active role of instruments in articulating knowing and knowledge: The case of animal qualification practices in breeding organisations. *Learn. Organ.* 16, 371–385. doi:10.1108/09696470910974162
- Labarthe, P., Gallouj, F., Laurent, C., 2013. Privatisation du conseil et évolution de la qualité des preuves produites pour les agriculteurs. *Econ. Rural.* 7, 7–24.
- Lacombe, C., 2018. Approche pragmatiste de l'accompagnement d'une transition agroécologique : une recherche action avec une association éleveurs et conseillers dans le rayon de Roquefort.
- Lacombe, C., Couix, N., Hazard, L., 2018. Designing agroecological farming systems with farmers: A review. *Agric. Syst.* 165, 208–220. doi:10.1016/j.agsy.2018.06.014
- Lamé, A., 2015. Pratiques des associations plurispécifiques à base de légumineuses à graines chez des agriculteurs innovants.
- Lamé, A., Jeuffroy, M.-H., Pelzer, E., Meynard, J.-M., 2015. Les agriculteurs sources d'innovations: exemple des associations pluri-spécifiques dans le grand Ouest de la France. *Agron. Environ. sociétés* 5, 47–54. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2
- Lamine, C., 2011. Transition pathways towards a robust ecologization of agriculture and the need for system redesign. Cases from organic farming and IPM. *J. Rural Stud.* 27, 209–219. doi:10.1016/j.jrurstud.2011.02.001
- Landry, A., et al. 2017. Rapport de synthèse de l'atelier de conception du 10 Mars 2017 Projet Agriculture connectée et autonome.
- Lançon, J., Wery, J., Rapidel, B., Angokaye, M., Gérardeaux, E., Gaborel, C., Ballo, D., Fadegnon, B., 2007. An improved methodology for integrated crop management systems. *Agron. Sustain. Dev.* 27, 101–110. doi:10.1051/agro
- Landais, E., Deffontaines, J., Benoît, M., 1987. Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. *Etud. Rurales* 109, 125–158. doi : 10.3406/rural.1988.3226
- Laurent, C., Berriet-Sollic, M., Labarthe, P., Trouvé, A., 2012. Evidence-based policy : de la médecine aux politiques agricoles ? Les enjeux d'une approche méconnue en France. *Notes et études socio-économiques* 79–101.
- Laurent, C., Matose, F., Giraud, C., Labarthe, P., Trouvé, A., Tinel, B., Carneiro, M.J., Berriet-Sollic, M., Burel, F., Bonnafous, P., Baudry, J., Perraud, D., Kirsch, M., Ricroch, A., Allsopp, N., 2009. Pourquoi s'intéresser à la notion d' « evidence-based policy » ? *Rev. Tiers Monde* 200, 853. doi:10.3917/rtm.200.0853
- Le Bail, M. (2012). Stratégies des acteurs des filières et évolution des assolements d'un territoire : enseignements des travaux agronomiques sur la qualité. *Agronomie, Environnement et Sociétés*, 2(2), 155-163.
- Le Bail, M., & Meynard, J. M. (2003). Yield and protein concentration of spring malting barley: the effects of cropping systems in the Paris Basin (France). *Agronomie*, 23(1), 13-27.
- Le Bellec, F., Cattan, P., Bonin, M., Rajaud, A., 2011. Building a typology of cropping practices from comparison with a technical reference: first step for a relevant cropping system redesigning process – results for tropical citrus production. *Fruits* 66, 143–159. doi:10.1051/fruits/2011026
- Le Bellec, F., Rajaud, A., Harry, O.L., Bockstaller, C., Malezieux, E., 2012. Evidence for farmers' active involvement in co-designing citrus cropping systems using an improved participatory method. *Agron. Sustain. Dev.* 32, 703–714. doi:10.1007/s13593-011-0070-9
- Lechenet, M., 2017. Peut-on concilier un faible usage de pesticides, une bonne performance économique et environnementale ? Analyse d'un réseau national de fermes de démonstration Ecophyto.

- Leclère, M., Loyce, C., Jeuffroy, M.H., 2018. Growing camelina as a second crop in France: A participatory design approach to produce actionable knowledge. *Eur. J. Agron.* 101, 78–89. doi:10.1016/j.eja.2018.08.006
- Lefèvre, D., 2014. Une histoire de la presse agricole. La Baume Medias Edition, Paris.
- Lefèvre, V., Capitaine, M., Peigné, J., Roger-Estrade, J., 2014. Farmers and agronomists design new biological agricultural practices for organic cropping systems in France. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 623–632. doi:10.1007/s13593-013-0177-2
- Le Gal, P.Y., Dugué, P., Faure, G., Novak, S., 2011. How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. *Agric. Syst.* 104, 714–728. doi:10.1016/j.agsy.2011.07.007
- Lhoste, P., Milleville, P., 1986. La conduite des animaux: techniques et pratiques d'élevage, in: *Méthodes de Recherche Sur Les Systèmes d'élevage Des Pays Tropicaux*. pp. 247–268.
- Le Masson, P., Dorst, K., Subrahmanian, E., 2013. Design theory: History, state of the art and advancements. *Res. Eng. Des.* 24, 97–103. doi:10.1007/s00163-013-0154-4
- Le Masson, P., Hatchuel, A., Weil, B., Mina, D., 2013. Teaching at Bauhaus: improving design capacities of creative people? From modular to generic creativity in design-driven innovation, in: *10th European Academy of Design Conference: Crafting the Future*. p. 23 p. hal-00903440
- Le Masson, P., McMahon, C., 2016. Armand Hatchuel et Benoit Weil La théorie C-K , un fondement formel aux théories de l'innovation, in: *Les Grands Auteurs Du Management de l'innovation et de La Créativité. Management et Société*, pp. 588–613.
- Le Masson, P., Magnusson, P., 2003. User involvement: From ideas collection towards a new technique for innovative service design. *2nd World Conf. Mass Cust. Pers.* 23.
- Le Masson, P., Weil, B., 2013. Design theories as languages for the unknown : insights from the German roots of systematic design (1840-1960). *Res. Eng. Des.* 24, 105–126. doi: <https://doi.org/10.1007/s00163-012-0140-2>
- Le Masson, P., Weil, B., 2014. Réinventer l'entreprise : la gestion collégiale des inconnus communs non appropriables, in: Segrestin, B., Baudoin, R., Vernac, S. (Eds.), *L'entreprise: Point Aveugle Du Savoir. Sciences Humaines*, Paris.
- Le Masson, P., Weil, B., Hatchuel, A., 2006. Les processus d'innovation. Conception innovante et croissance des entreprises. Lavoisier, Paris.
- Le Masson, P., Weil B., Hatchuel, A., 2014. Théorie, méthodes et organisations de la conception, Presses de. ed. collection Sciences de la conception, Paris.
- Le Masson, P., Weil, B., Hatchuel, A., 2017. Design Theory. Methods and Organization for innovation. Springer Nature. doi: 10.1007/978-3-319-50277-9
- Lemery, B., Ingrand, S., Dedieu, B., Dégrange, B., 2012. Agir en situation d'incertitude : le cas des éleveurs de bovins allaitants. *Économie Rural.* 57–69. doi:10.4000/economierurale.2718
- Lenfle, S., 2008. Exploration and project management. *Int. J. Proj. Manag.* 26, 469–478. doi:10.1016/j.ijproman.2008.05.017
- Liebig, J., 1840. *Traité de Chimie organique*, trad. Ch. Gerhardt. Fortin Masson, Paris.
- Lindblom, J., Lundström, C., Ljung, M., Jonsson, A., 2016. Promoting sustainable intensification in precision agriculture : review of decision support systems development and strategies. *Precis. Agric.* 18, 309–331. doi:10.1007/s11119-016-9491-4
- López-Ridaura, S., Van Keulen, H., Van Ittersum, M.K., Leffelaar, P.A., 2005. Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. *Environ. Dev. Sustain.* 7, 51–69. doi:10.1007/s10668-003-6976-x

- Loyce, C., Rellier, J.P., Meynard, J.M., 2002. Management planning for winter wheat with multiple objectives: The BETHA system 72, 9–31. doi: 10.1016/S0308-521X(01)00065-8
- Loyce, C., Wery, J., 2006. Les outils des agronomes pour l'évaluation et la conception de systèmes de culture, in: *L'agronomie Aujourd'hui*. Quæ, Paris, p. 367.
- Lucas, V. 2018. *L'agriculture en commun: gagner en autonomie grâce à la coopération de proximité. Expériences d'agriculteurs en Cuma à l'ère de l'agroécologie*. Thèse de doctorat en sociologie, Angers, 475p.
- Lucas, V., Gasselin, P., 2016. Farm machinery cooperatives: a new arena for agroecological innovation?, in: *WS8 – Innovations (Technological, Social, Market) and Farming Work*. p. 11.
- Lucas, V., Gasselin, P., 2018a. Une agroécologie silencieuse : Ombres et lumières dans le champ professionnel agricole français, in: *12ème Journées de Recherche En Sciences Sociales INRA-SFER-CIRAD*. Nantes.
- Lucas, V. Gasselin, P. 2018b. Gagner en autonomie grâce à la Cuma. Expériences d'éleveurs laitiers français à l'ère de la dérégulation et de l'agroécologie. *Économie Rural*. 364, 73–89.
- Lucas, V., De Tourdonnet, S., Barbier, J.-M., Cittadini, R., Gasselin, P., 2018. Le glyphosate en agriculture de conservation : Un cas illustratif de la dépendance de l'agriculture française aux pesticides, in: *Journées de Recherches En Sciences Sociales*. pp. 13–14.
- Macé, K., Morlon, P., Munier-Jolain, N., Quéré, L., 2007. Time scales as a factor in decision-making by French farmers on weed management in annual crops. *Agric. Syst.* 93, 115–142. doi:10.1016/j.agsy.2006.04.007
- Malet, J.B. 2017. *L'empire de l'or rouge*. Fayard. 288p.
- Malézieux, E., 2012. Designing cropping systems from nature. *Agron. Sustain. Dev.* 32, 15–29. doi:10.1007/s13593-011-0027-z
- Manzini, E., 2015. *Design, When Everybody Designs – An Introduction to Design for Social Innovation*. MIT Press.
- Margolin, V., 2009. Design in History. *Des. Issues* 25, 94–105. doi:10.1162/desi.2009.25.2.94
- Marshall, E.J.P., Brown, V.K., Boatman, N.D., Lutman, P.J.W., Squire, G.R., Ward, L.K., 2004. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Res.* 43, 77–89. doi:10.1046/j.1365-3180.2003.00326.x
- Martin, G., Martin-Clouaire, R., Duru, M., 2013. Farming system design to feed the changing world. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33, 131–149. doi:10.1007/s13593-011-0075-4
- Martin, G., Allain, S., Bergez, J.E., Burger-Leenhardt, D., Constantin, J., Duru, M., Hazard, L., Lacombe, C., Magda, D., Magne, M.A., Ryschawy, J., Thénard, V., Tribouillois, H., Willaume, M., 2018. How to address the sustainability transition of farming systems? A conceptual framework to organize research. *Sustain.* 10, 1–20. doi:10.3390/su10062083
- Mazoyer, M., Roudart, L., 1997. *Histoire des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine*. Editions du Seuil.
- Mc Cown, R.L., 2001. Learning to bridge the gap between science-based decision support and the practice of farming : Evolution in paradigms of model-based research and intervention from design to dialogue. *Aust. J. Agric. Res.* 52, 549–571. doi: https://doi.org/10.1071/AR00119
- Meynard, J.M., 1985. *Construction d'itinéraires techniques pour la conduite du blé d'hiver*. Thèse de doctorat en agronomie, Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, 258p.
- Meynard, J.M., 2014. Sociologie des grandes cultures : Une lecture d'agronome, in: Bernard de Raymond, A., Goulet, F. (Eds.), *Sociologie Des Grandes Cultures*. Quæ, Paris, pp. 187–204.
- Meynard, J.M., 2017. *L'agroécologie, un nouveau rapport aux savoirs et à l'innovation*. Oilseeds fats Crop. *Lipids*. doi:10.1051/ocl/2017021

- Meynard J.M., Cresson C. 2011. Le Conseil Scientifique de l'Agriculture Biologique identifie 8 priorités de recherche-développement Notes et Etudes Socio-Economiques n° 35, pp. 27-40
- Meynard, J.M., David, G., 1992. Diagnostic de l'élaboration du rendement des cultures. Cah. Agric. 1, 9-19.
- Meynard, J., Dedieu, B., Bos, A., 2012. Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices, in: Darnhofer, I., Gibon, D., Dedieu, B. (Eds.), *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*. Springer, Paris, pp. 407-432.
- Meynard, J.M., Doré, T., Habib, R., 2001. L'évaluation et la conception de systèmes de culture pour une agriculture durable, in: Séance de l'Académie d'Agriculture. pp. 223-236.
- Meynard, J.M., Dourmad, J.-Y., 2014. L'innovation en élevage : de nouvelles démarches pour de nouveaux enjeux. *INRA Prod. Anim.* 27, 77-88. doi:10.1007/BF02376895
- Meynard, J.M., Jeuffroy, M.-H., 2006. Quel progrès génétique pour une agriculture durable?
- Meynard, J.M., Jeuffroy, M.-H., Le Bail, M., Lefèvre, A., Magrini, M.-B., Michon, C., 2017. Designing coupled innovations for the sustainability transition of agrifood systems. *Agric. Syst.* doi:10.1016/j.agsy.2016.08.002
- Meynard, J.-M., Sebillotte, M., 1989. La conduite des cultures : vers une ingénierie agronomique. *Économie Rural.* 192, 35-41. doi:10.3406/ecoru.1989.3988
- Mignolet, C., Schott, C., Benoît, M., Meynard, J.-M., 2012. Transformations des systèmes de production et des systèmes de culture du bassin de la Seine depuis les années 1970 : une spécialisation des territoires aux conséquences environnementales majeures. *Innov. Agron.* 22, 71-84.
- Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt (2017). *L'avenir du système de recherche et développement agricole français à l'horizon 2025 : étude prospective*, 151 p.
- Mischler, P., Lheureux, S., Dumoulin, F., Menu, P., Sene, O., Hopquin, J.P., Cariolle, M., Reau, R., Munier-Jolain, N., Faloya, V., Boizard, H., Meynard, J.M., 2009. Huit fermes de grande culture engagées en production intégrée réduisent les pesticides sans baisse de marge. *Courr. l'Environnement l'INRA* 57, 73-91.
- Moraine, M., Melac, P., Ryschawy, J., Duru, M., Therond, O., 2017. A participatory method for the design and integrated assessment of crop-livestock systems in farmers' groups. *Ecol. Indic.* 72, 340-351. doi:10.1016/j.ecolind.2016.08.012
- Morgan, K., Murdoch, J., 2000. Organic vs. conventional agriculture: Knowledge, power and innovation in the food chain. *Geoforum* 31, 159-173. doi:10.1016/S0016-7185(99)00029-9
- Moity-Maïzi, P., 2011. Interroger la localisation et la circulation des savoirs en Afrique. *Rev. d'anthropologie des connaissances* 5, 3, 473. doi:10.3917/rac.014.0473
- Naudin, K., Husson, O., Scopel, E., Auzoux, S., Giner, S., Giller, K.E., 2015. PRACT (Prototyping Rotation and Association with Cover crop and no Till) – a tool for designing conservation agriculture systems. *Eur. J. Agron.* 69, 21-31. doi:10.1016/j.eja.2015.05.003
- Norman, D., 2002. The farming systems approach: A historical perspective, in: Presentation Held at the 17th Symposium of the International Farming Systems Association in Lake Buena Vista, Florida, USA, 17-20 Nov. 2002. p. 12.
- Onwude, D.I., Abdulstter, R., Gomes, C., Hashim, N., 2016. Mechanisation of large-scale agricultural fields in developing countries - a review. *J. Sci. Food Agric.* 96, 3969-3976. doi:10.1002/jsfa.7699
- Osty, P., 1978. L'exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement. *Bull. Tech. d'Information* 326, 43-49.
- Pahl, G., Beitz, W., 2013. *Engineering Design. A Systematic Approach*. Springer Sciences & Business Media, London.

- Paoletti, M.G., 1999. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability, *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Elsevier Science B.V. doi:10.1016/S0167-8809(99)00027-4
- Papy, F., 1993. Savoir pratique sur les systèmes techniques et aide à la décision, in: Dent, J.B., M.M.J. (Ed.), *Rural Farming Systems Analysis : European Perspectives*. CAB International, Edinburgh, p. 15.
- Papy, F., Torre, A., 2002. Quelles organisations territoriales pour concilier production agricole et gestion des ressources naturelles? *Etud. Rech. Syst. Agraires Dev.* 33, 151–169.
- Parmentier, M., 1789. *Traité sur la culture et les usages des pommes de terre, de la patate et du topinambour*. Barrois l'Ainé, Paris.
- Palti, J., 1981. *Cultural practices and infection crop diseases*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-642-68266-7
- Papalambros, P.Y., 2015. Design Science: Why, What and How. *Des. Sci.* 1, e1. doi:10.1017/dsj.2015.1
- Pelzer, E., Bedoussac, L., Corre-Hellou, G., Jeuffroy, M., Métivier, T., Naudin, C., 2014. Association de cultures annuelles combinant une légumineuse et une céréale : retours d'expériences d'agriculteurs et analyse. *Innov. Agron.* 38, 97–108.
- Pelzer, E., Bourlet, C., Carlsson, G., Lopez-Bellido, R.J., Jensen, E.S., Jeuffroy, M.-H., 2017. Design, assessment and feasibility of legume-based cropping systems in three European regions. *Crop Pasture Sci.* 68, 902–914. doi:10.1071/CP17064
- Petermann, M., 1876. Recherches sur le meilleur mode d'emploi des engrais artificiels appliqués à la culture de la betterave à sucre, in: Dehérain, P.P. (Ed.), *Annales Agronomiques*. C. Masson, Paris, pp. 241–262.
- Petit, A. (coord.), 2016. *Recueil de pratiques observées en viticulture biologique: des pistes pour innover? Projet CASDAR n°5322 VITINNOBIO*, 112p.
- Petit, A. (coord), 2018. *Innover en viticulture: 15 “bionnes” idées pour se lancer*.
- Piovan, R., 2018. Les grandes questions sur l'évolution actuelle de l'agro-machinisme, in: Caroux, D., Dubois, M., Sauvée, L. (Eds.), *Evolution Agrotechnique Contemporaine II. Transformations de l'agro-Machinisme: Fonction, Puissance, Information, Invention*. Université de technologie de Belfort-Montbéliard, pp. 29–32.
- Pisante, M., Stagnari, F., Grant, C.A., 2012. Agricultural innovations for sustainable crop production intensification. *Ital. J. Agron.* 7, 300–311. doi:10.4081/ija.2012.e40
- Pretty, J.N., 1995. Participatory learning for sustainable agriculture. *World Dev.* 23, 1247–1263. doi:https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F
- Prévost, P., Capitaine, M., Prost, L., Cerf, M., Omon, B., Compagnonne, C., 2016. Savoirs agronomiques pour l'action. *Agron. Environ. sociétés* 6, 9–11.
- Prost, L., 2008. *Modéliser en agronomie et concevoir des outils en interaction avec de futurs utilisateurs: le cas de la modélisation des interactions génotype-environnement et de l'outil DIAGVAR*. Thèse de doctorat en agronomie, Paris, AgroParisTech, 214p.
- Prost, L., 2019. Le design est-il un concept pour les agronomes ? *Agron. Environ. sociétés*.
- Prost, L., Berthet, E.T.A., Cerf, M., Jeuffroy, M.-H., Labatut, J., Meynard, J.-M., 2016. Innovative design for agriculture in the move towards sustainability: scientific challenges. *Res. Eng. Des.* doi:10.1007/s00163-016-0233-4
- Prost, M., Prost, L., Cerf, M., 2018. Les échanges virtuels entre agriculteurs : un soutien à leurs transitions professionnelles ? *Raisons éducatives* 21, 129. doi:10.3917/raised.021.0129
- Prost, L., Reau, R., Paravano, L., Cerf, M., Jeu, M., 2018. Designing agricultural systems from invention to implementation: the contribution of agronomy. *Lessons from a case study*. *Agric. Syst.* 164, 122–132. doi:10.1016/j.agsy.2018.04.009

- Rabhi, P. 2015. *L'Agroécologie, une éthique de vie*, entretien avec Jacques Caplat, Arles, Actes Sud, (ISBN 978-2-330-05646-9)
- Ramin Shamshiri, R., K. Balasundram, S., J. Yule, I., Weltzien, C., Pitonakova, L., Chowdhary, G., E. Grift, T., A. Hameed, I., 2018. Simulation software and virtual environments for acceleration of agricultural robotics: Features highlights and performance comparison. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 11, 12–20. doi:10.25165/j.ijabe.20181104.4032
- Rapidel, B., Traor, B., Wery, J., 2006. In-field development of a conceptual crop functioning and management model: A case study on cotton in southern Mali 24, 304–315. doi:10.1016/j.eja.2005.10.012
- Rapidel, B., Ripoché, A., Allinne, C., Metay, A., Deheuvels, O., Lamanda, N., Blazy, J.M., Valdés-Gómez, H., Gary, C., 2015. Analysis of ecosystem services trade-offs to design agroecosystems with perennial crops. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 1373–1390. doi:10.1007/s13593-015-0317-y
- Ratnadass, A., Fernandes, P., Avelino, J., Habib, R., 2012. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: A review, *Agronomy for Sustainable Development*. doi:10.1007/s13593-011-0022-4
- Reau, R., Cros, C., Leprun, B., Merot, E., Omon, B., Paravano, L., 2016. La construction des schémas décisionnels et leur mobilisation dans le changement des systèmes de culture. *Agron. Environ. Sociétés* 6, 83–92.
- Reau, R., Monnot, L.-A., Munier-Jolain, N., Pambou, I., Bockstaller, C., Cariolle, M., Chabert, A., Dumans, P., 2012. Les ateliers de conception de systèmes de culture pour construire, évaluer et identifier des prototypes prometteurs. *Innov. Agron.* 20, 5–33.
- Reich, Y. 1995. The study of design research methodology. *Journal of Mechanical Design*, Vol. 117 No. 2A, pp. 211-214. doi:10.1115/1.2826124
- Rodot, F., 2018. Traque aux pratiques innovantes de gestion des vivaces dans les Hauts de France.
- Robin, P., Aeschlimann, J.-P., Feller, C., 2007. *Histoire et agronomie: entre ruptures et durée*. Institut de Recherche pour le Développement, Paris.
- Ronceux, A., Favrelière, E., 2016. Document projet Vivlébio. Programme d'action 2017-2019.
- Ronceux, A., Favrelière, E., 2017. Les agriculteurs biologiques des Hauts-de-France innovent pour maîtriser les adventices et pour optimiser la gestion de l'azote.
- Ronceux, A., Favrelière, E., Meynard, J.M., Beaudoin, N., Camgrand, M., Lecat, A., Leclercq, C., Menu, P., Pernel, J., Plumart, H., Rakotovololona, L., Salitot, G., Stoffel, A., Betencourt, E., 2018. Produire des références sur la gestion de l'azote et des adventices vivaces en Agriculture Biologique, en combinant connaissances scientifiques et expertise locale. *Innov. Agron.* 24.
- Rossing, W. A. H., Meynard, J.M., Ittersum, M.K., 1997. Model-based explorations to support development of sustainable farming systems: case studies from France and the Netherlands. *Eur. J. Agron.* 7, 271–283. doi: https://doi.org/10.1016/S0378-519X(97)80033-5
- Ryschawy, J., Martin, G., Moraine, M., Duru, M., Therond, O., 2017. Designing crop–livestock integration at different levels : Toward new agroecological models ? *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 5–20. doi:10.1007/s10705-016-9815-9
- Salembier, C., Elverdin, J.H., Meynard, J.M., 2016. Tracking on-farm innovations to unearth alternatives to the dominant soybean-based system in the Argentinean Pampa. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 1–10. doi:https://doi.org/10.1007/s13593-015-0343-9
- Sanders, E.B.-N., Stappers, P.J., 2008. Co-creation and the new landscapes of design. *CoDesign* 4, 5–18. doi:10.1080/15710880701875068
- Schaak, H., Mußhoff, O., 2018. Understanding the adoption of grazing practices in German dairy farming. *Agric. Syst.* 165, 230–239. doi:10.1016/j.agry.2018.06.015
- Schön, D. 1983. *The reflective practitioner: how professionals think in action*. Basic Books, New York

- Schön, D.A., Wiggins, G., 1992. Kinds of Seeing in Designing. *Creat. Innov. Manag.* 1, 68–74. doi:10.1111/j.1467-8691.1992.tb00031.x
- Sebillotte, M., 1969. Le « tour de plaine » Facteur de rentabilité dans l'entreprise agricole. *Agronomie* 18, 105–112.
- Sebillotte, M., 1974. *Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome.* Cah. l'ORSTOM, Série Biol. 3–25.
- Sebillotte, M., 1978. La collecte de références et les progrès de la connaissance agronomique, in: Boiffin, J., Huet, P., Sebillotte, M. (Eds.), *Exigences Nouvelles Pour l'agriculture: Les Systèmes de Culture Pourront-Ils s'adapter?* Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris, pp. 466–496.
- Sebillotte, M., 2006. Préface, in: Doré, T. et al. (Ed.), *L'agronomie Aujourd'hui.* Quae, p. 384.
- Sebillotte, M., Soler, L.G., 1988. Les processus de décision des agriculteurs. Première partie: acquis et questions vives, in: Brossier, J., Vissac, B., Le Moigne, J.L. (Eds.), *Modélisation Systémique et Système Agraire : Décision et Organisation.* INRA, Paris, pp. 93–101.
- Sebillotte M., 1990. Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. In : Combe L., Picard D. (Eds). *Le point sur... les systèmes de culture,* INRA Editions, Paris, 165-196
- Segrestin, B., Lefebvre, P., Weil, B., 2002. The role of design regimes in the coordination of competencies and the conditions for inter-firm cooperation. *Int. J. Automot. Technol. Manag.* 2, 63–83. doi: <https://doi.org/10.1504/IJATM.2002.000057>
- Sigaut, F., 2012. Qu'est-ce qu'une révolution agricole? Le temps peut-il nous aider à penser l'avenir? p. 4.
- Sims, B., Kienzle, J., 2015. Mechanization of Conservation Agriculture for Smallholders: Issues and Options for Sustainable Intensification. *Environments* 2, 139–166. doi:10.3390/environments2020139
- Simon, H.A. 1969. *The sciences of the artificial.* The MIT Press, Cambridge
- Smith, A., Fressoli, M., Thomas, H., 2014. Grassroots innovation movements: challenges and contributions. *J. clean Prod.* 63, 114–124. doi:10.1016/j.jclepro.2012.12.025
- Spedding, C.R.W., 1976. Editorial. *Agric. Syst.* 1–3. doi: [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(76\)90017-2](https://doi.org/10.1016/0308-521X(76)90017-2)
- Spiertz, H., 2014. Agricultural sciences in transition from 1800 to 2020: Exploring knowledge and creating impact. *Eur. J. Agron.* 59, 96–106. doi:10.1016/j.eja.2014.06.001
- Stuiver, M., Leeuwis, C., van der Ploeg, J.D., 2004. The power of experience: Farmers' knowledge and sustainable innovations in agriculture, in: *Seeds of Transition: Essays on Novelty Production, Niches and Regimes in Agriculture.* Van Gorcum Ltd, Assen, pp. 93–118.
- Suh, N., 1990. *Principles of design.* Oxford University Press, New York.
- Sutherland, L.-A., Darnhofer, I., 2012. Of organic farmers and 'good farmers': changing habitus in rural England. *J. Rural Stud.* 28, 232-240.
- Tamian, L., 2008. Genèse du Rapport Hénin et émergence de la préoccupation environnementale dans la pensée agronomique française.
- Teissier, J.M., 1979. Relations entre techniques et pratiques. *Bull. INRAP* 38.
- This, H. (2017). *Designing food.* Presented at 10 th International Paris Workshop of the Design Theory SIG of the Design Society, Paris, FRA (2017-01-30 - 2017-01-30).
- Thornton, P.K., Dent, J.B., Caldwell, R.M., 1990. Applications and issues in the modelling of intercropping systems in the tropics. *Agric. Ecosyst. Environ.* 31, 133–146. doi:10.1016/0167-8809(90)90215-Y
- Tillet, M., 1755. *Dissertation sur la cause qui corrompt et noircit les grains de bled dans les épis, et sur les moyens de prévenir ces accidens.* Vve de Pierre Brun, Bordeaux.

- Toffolini, Q., 2016. Produire des connaissances actionnables pour la re-conception pas-à-pas de systèmes de culture vers l'agroécologie. AgroParisTech.
- Toffolini, Q., Jeuffroy, M.H., Prost, L., 2016. Indicators used by farmers to design agricultural systems: a survey. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 1–14. doi:10.1007/s13593-015-0340-z
- Toffolini, Q., Jeuffroy, M.H., Mischler, P., Pernel, J., Prost, L., 2017. Farmers' use of fundamental knowledge to re-design their cropping systems: situated contextualisation processes. *NJAS - Wageningen J. Life Sci.* 80, 37–47. doi:10.1016/j.njas.2016.11.004
- Van der Ploeg, R.R., Böhm, W., Kirkham, M.B., 1999. On the Origin of the Theory of Mineral Nutrition of Plants and the Law of the Minimum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1055–1062. doi:10.2136/sssaj1999.6351055x
- Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., Hochman, Z., 2013. Field Crops Research Yield gap analysis with local to global relevance — A review 143, 4–17.
- Van Ittersum, M.K., Rabbinge, R., 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *F. Crop. Res.* 52, 197–208.
- Vedie, H., Berry, D., Leclerc, B., Grébert, D., Lhôte, J.M., 2009. Etude multi-site d'une nouvelle approche du travail du sol en maraîchage biologique : les planches permanentes. *Innov. Agron.* 33–38.
- Vereijken, P., 1997. A methodological way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (IEAFS) in interaction with pilote farms. *Eur. J. Agron.* 235–250. doi:https://doi.org/10.1016/S0378-519X(97)80029-3
- Vian, J.-F., 2009. Comparaison de différentes techniques de travail du sol en agriculture biologique: effet de la structure et de la localisation des résidus sur les microorganismes du sol et leurs activités de minéralisation du carbone et de l'azote.
- Von Bertalanffy, L. 1968. *Théorie générale des systèmes*. Dunod, Paris.
- Von Hippel, E., 1988. *The source of innovation*. Oxford University Press, New York.
- Von Hippel, E., 2005. *Democratizing innovation*. MIT Press, Cambridge.
- Voß, J., Newig, J., Kastens, B., Monstadt, J., Nölting, B., 2007. Steering for Sustainable Development – A typology of empirical contexts and theories based on ambivalence, uncertainty and distributed power. *J. Environ. Policy Plan.* 9, 193–212. doi:10.1080/15239080701622881
- Walliser, B., 1977. *Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse de systèmes*. seuil, Paris.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M.J., 2017. Big Data in Smart Farming – A review. *Agric. Syst.* 153, 69–80. doi:10.1016/j.agsy.2017.01.023
- Wynn, D.C., Clarkson, P.J., 2018. Process models in design and development. *Res. Eng. Des.* 29, 161–202. doi:10.1007/s00163-017-0262-7
- Yin, R.K. (2003). *Case Study Research: Design and Methods*. Sage. Thousand Oaks, California.
- Yoshikawa, H., 1981. General Design Theory and a CAD System, in: Sata, T., Warman, E. (Eds.), *Man-Machine Communication in CAD/ CAM*. Proceedings of the IFIP WG5.2-5.3 working conference 1980 (Tokyo), Amsterdam, pp. 35–57.
- Zandstra, H.G., 1979. Cropping systems research for the Asian rice farmer. *Agric. Syst.* 135–153. doi:https://doi.org/10.1007/BF02217174

ANNEXES

Annexe 1. Article publié dans la revue Agricultural Systems en 2018 (chapitre 1)	227
Annexe 2. Liste des techniques mises en œuvre par des agriculteurs et étudiées dans le cadre du projet VivLéBio (Chapitre 4).	252
Annexe 3. Liste des réunions et évènements ponctuant notre collaboration dans le cadre du projet VivLéBio.....	253

Genealogy of design reasoning in agronomy: lessons for supporting the design of agricultural systems

Salembier C., Segrestin B., Berthet E., Weil B., Meynard J.M.

Abstract:

Agronomists aim to design or co-design agricultural systems that help farmers better meet the challenges of sustainability. In that aim, they need to adapt the way they design to respond to farm diversity, and to deal with knowledge gaps and uncertainty. This study sets out to improve understanding of design reasoning in agronomy. Our assumption is that tracking different reasoning patterns to their roots will shed light on conditions of their development and provide a better understanding of how new agronomic approaches emerge. To do so, we coupled a genealogical approach with a characterization of design regimes. Our work is based on a body of published work by French agronomists from the 18th century to the 21th, selected for their design-oriented nature. Applying an analytical framework built on design theory, we characterized five archetypical design regimes that emerged in connection with developments in the organization of agricultural R&D and shifts in agronomy's epistemological trends. For each one, we described an archetype of agronomists' reasoning, as well as the organizational model and performance logics that conditioned its development. Our results show first that the chains of cognitive operations that make up the agronomists' reasoning are different in each regime, as for example the way agronomists define the design issue and how they explore innovative concepts. Second, our analysis shows that each reasoning pattern generates a specific kind of technique which offer farmers different action capabilities: for example, action rules that farmers simply apply, or design support tools to help farmers design techniques themselves. Comparing the design regimes, we identified four factors that influenced agronomists' design explorations: (i) their representations of agriculture, (ii) the scientific tools they use, (iii) their interactions with farmers, and (iv) their links with other scientific disciplines. We finally discuss the contribution of design science to better understanding of the diversity of design reasoning patterns in agronomy and we bring to light some avenues for future research with a view to enriching agronomists' "design toolbox" and supporting co-design in agriculture. We expect this work to offer a useful perspective to agronomists starting a design oriented work to improve practices on farm.

Key-words: agronomy, design reasoning, design regime, genealogical approach, design theory, distributed design.

Introduction

To help farmers produce their crops more sustainably, agronomists design, alone or with partners, innovative agricultural systems. Their major challenge is to adapt the way they design to respond to farm diversity (farm environments, farmer's expectations, etc.), and to deal with numerous knowledge

gaps (on natural regulation processes, on performances, etc.) and uncertainty (volatile input and output prices, climate change, etc.) (Duru, 2013; Voß et al., 2006). This study sets out to improve understanding of design reasoning in agronomy.

For several decades now, in a growing number of studies, agronomists have been seeking ways to improve design processes. The studies are variously (i) articles in which scholars propose design approaches, (ii) articles proposing tools for use during design processes and (iii) reviews of the literature, comparing the merits and limitations of design approaches.

Design approaches have generally been formalised by agronomists who have tried them out and drawn general conclusions for the benefit of others. These approaches consist of a series of steps to be followed (e.g. make a diagnosis, build a model, select relevant stakeholders), each involving tools (e.g. agronomic diagnosis, system experiment, design workshop). Among these studies are those (i) by Rossing et al. (1997) and Vereijken et al. (1998), a computer model based approach and the so called prototyping approach, which have since been enriched and adapted to other situations (e.g. Loyce et al., 2002; Pelzer et al., 2014; Rapidel et al., 2009), (ii) approaches used for designing specific technical options (e.g. intercropping - Barot et al., 2017; Gaba et al., 2015; Malézieux, 2012) and (iii) participatory design process involving multiple stakeholders (e.g. Brevault et al., 2014; Cardoso et al., 2001; Groot Koerkamp and Bos et al., 2008; Husson et al., 2016).

In the second type of studies, agronomists propose tools they have developed and that others could use in their design approaches. For example, Reau et al. (2012) drew up rules for organizing innovative design workshops, while Doré et al. (1997) and Van Ittersum and Rabbinge (1997) developed a tool for prioritizing the variables of an agrosystem to be taken into account when designing a cropping system (the so called diagnostic method and yield gap analysis). Many computer models have been developed to aid design processes: (i) for identifying the best technical option in a known solution space (e.g. Bachinger and Zander, 2007), (ii) for simulating ranges of alternatives (e.g. Chatelin et al., 2005; Stöckle et al., 2003; Tixier et al., 2008; Zapata et al., 2017), or (iii) for exploring scenarios under different conditions (e.g. Chopin et al., 2017). In that tool range, certain authors also insist on why rely on systemic approaches when designing (Kropff et al., 2001), or use an adaptive perspective (Darnhofer et al., 2010).

The third type is less common. It consists of reviews of designed-oriented studies in the literature, aiming to draw lessons on their strengths and weaknesses for addressing current challenges. Questions they deal with include: Do certain approaches enable one to explore innovative farming systems with farmers or do they narrow the exploration (McCown, 2001; Martin et al., 2013)? Do they support innovative design or incremental change on farm (step by step design) (Meynard et al., 2012)? Do these approaches equip agronomists to design prototypes or are they intended to support on-farm design (Le Gal et al., 2011)? These reviews offer keys to reflexivity for agronomists wishing to engage in a design process. However,

the review process often leads authors (i) to narrow their comparison to types of agricultural systems (e.g. farming systems – Le Gal et al., 2011) or specific traits of the reasoning (e.g. computerized model based approaches – McCown, 2001), and, often, (ii) to focus on the corpus of recently published texts. So far, we know little about the design approaches of past agronomists or about the factors that conditioned the development of different approaches coexisting today.

Our study enriches the literature on design in agronomy by taking two original angles:

First, we propose to track, in the French context, different design approaches to their historical roots in the aim to shed light on conditions of their development and provide a better understanding of how new approaches emerged. Like Le Masson and Weil (2013) in the industrial sector, we characterize agronomists' design reasoning patterns within the scientific and organizational context that conditioned their development.

Second, as Martin et al. (2013) started to do in a literature review, we draw on recent advances in design theory (Hatchuel et al., 2017; Papalambros, 2015) to identify, characterize and interpret different reasoning patterns in agronomic design.

Addressing these two viewpoints is expected to offer a useful additional perspective to agronomist's starting a design oriented work to improve practices on farm.

We therefore explore the following questions: What design reasoning archetypes have there been in agronomy? What factors conditioned these reasoning archetypes and what are their outputs?

We present in section 2 the theoretical framework for the study. Section 3 presents the methodology. Section 4 presents the two major results: (i) first, the five agronomic design regimes we have characterized, and (ii) second, the main factors that condition the differences between the reasoning patterns. In Section 5, we suggest research avenues for agronomists to enrich their own design toolbox and distributed design in agriculture.

Theoretical background

Defining a design reasoning pattern: key cognitive operations

The specificities of design reasoning have been studied by various authors (e.g. Choulier, 2009; Darses et al., 2004; Hatchuel and Weil, 2009; Suh, 1990; Yoshikawa, 1981), we detail here the main traits we used to characterize reasoning patterns in agronomy.

To clarify the specific traits of design reasoning, Hatchuel et al. (2013b) compare it with two other types of reasoning, much better known in agronomy: modelling and optimization. Modelling consists in (i) producing knowledge on observable but partly unknown phenomena, that deviate from the current theory (these phenomena are anomalies), and (ii) to integrate this new knowledge into the initial theory to extend it. Optimization aims to find optimums respecting performance criteria and constraints. Within

a model, it consists in identifying the best way to achieve optimums. Modelling and optimization do not aim at creating new systems or objects, but to increase knowledge about them. Conversely, design reasoning aims to generate at least one artefact that did not exist (it was not part of the designer's knowledge background) and that has a set of desired properties (e.g. a profitable pesticide-free cropping system). Such an artefact is thus initially unobservable and unknown.

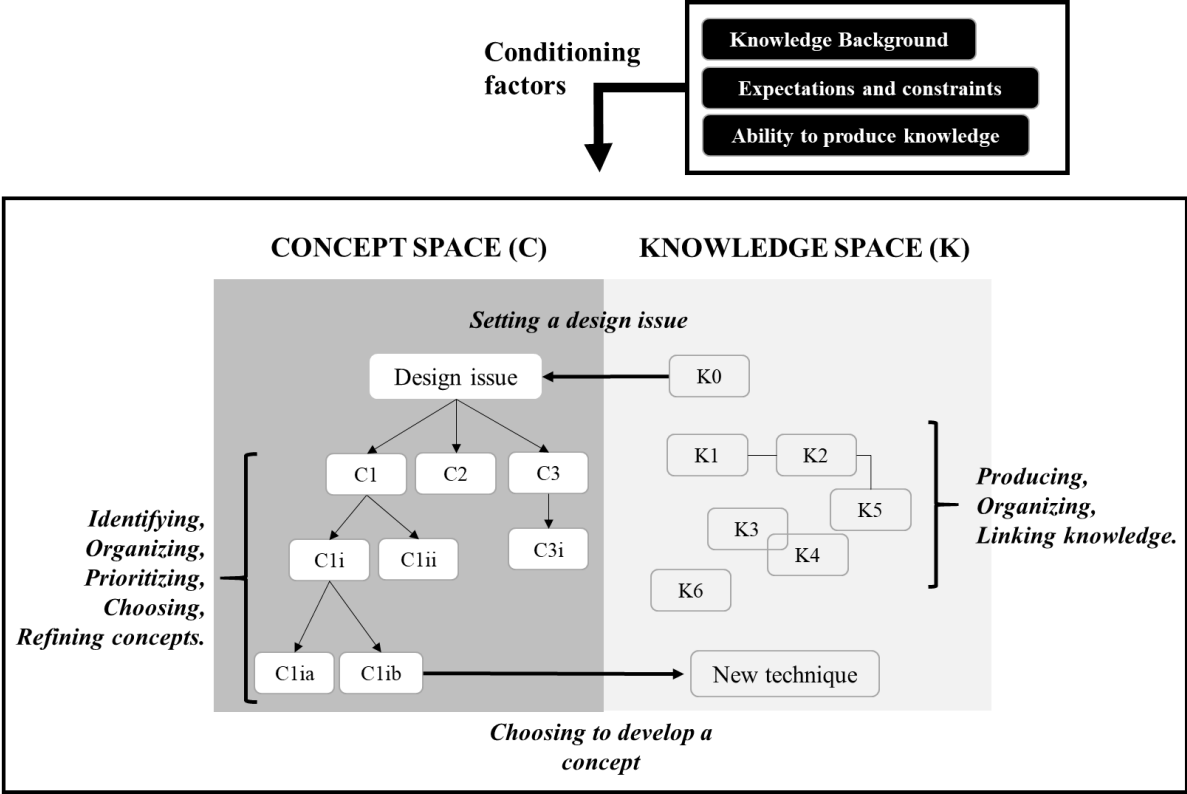


Figure 1: The main traits of a design reasoning. This figure has been adapted from Hatchuel and Weil (2003). It presents the design reasoning as a dynamic process between: (i) a concept space (dark grey), containing concepts (C) that can be organized, refined (C1, C1i, C1ia, etc.), etc. and (ii) a knowledge space (light grey), containing linked or independent knowledge items (K1, K2, K3, etc.). We included key cognitive operations performed while designing (in bold and italic), as well as factors conditioning the design exploration (black boxes).

Hatchuel & Weil (2003, 2009) proposed a unified theory on design reasoning. They explain that designing consists of a dynamic process based on interactions between two interdependent spaces, the Knowledge space (i.e. what the designer knows) and the Concept space (i.e. what has to be designed and is still unknown) (see Figure 1). A designer performs various cognitive operations between these two spaces to generate innovative concepts: (i) he formulates, along the process, a design issue (Buchanan, 1992), which must be undecidable (one cannot say whether it is true or false) and must possess desirable properties, (ii) he formulates original concepts, i.e. ideas that were not in the designer's knowledge background, (iii) he produces or organizes knowledge to get or to clarify new ideas (e.g.

what would be new functions? New technical options? New uses?), (iv) he chooses to develop the concepts he considers more interesting than others.

Positing that there are different patterns of design reasoning in agronomy requires us to understand the factors that condition the differences between them.

Key factors that condition design reasoning

Central to designing is "generativity", which Hatchuel et al. (2013b) define as the designer's ability to generate concepts that surpass their initial knowledge, and that are, for him, satisfactory (e.g. he/she gets original ideas, develops valuable concepts in practice, performs learnings). Various studies have highlighted factors that affect generativity: such factors may act either as filters (Hatchuel et al., 2013a), closing down exploration and sometimes even fostering fixation effects (the propensity to focus on a limited set of ideas – Jansson and Smith, 1991), or they may foster the exploration of new concepts and their implementation in practice (Schön, 1983). These factors can be related to (i) what the designer expects of the process (e.g. does he/she wants to quickly find a solution or to explore a wide range of possibilities? - Brun et al., 2016); (ii) his/her constraints (means, time, partners, etc.) during the exploration (e.g. Hatchuel and Klasing Chen, 2017); (iii) his/her knowledge background (Cross, 2004); (iv) his/her ability to track or generate new concepts, to put it into practice, and/or to get original knowledge (e.g. de-fixating ideas (Agogué et al., 2013)) or to mix knowledge from various disciplines (Salgueiredo Freitas and Hatchuel, 2016). Le Masson et al. (2013) have also shown the effect on generativity of the structure of the designer's knowledge. They stress the importance of always seeking out the formulation of alternatives (i.e. designing a crop management without pesticides can be grasped at: the field, farm, territory levels) and of forcing the establishment of links between knowledge items (e.g. by making models).

In this study we seek to shed light on factors that condition agronomists' design reasoning.

Outputs for farmers: techniques and action capabilities

The objects that can be designed in agriculture are of many kinds (e.g. cropping systems, landscapes, agricultural inputs, decision support systems (Prost et al., 2017)). In this study we focus on the design of objects aiming to support action on farm (e.g. decision support systems, decision rules). In line with Landais et al. (1987), we propose to call these objects *techniques*. We thus exclude the design of agricultural inputs (e.g. pesticides) or of machinery. As shown in the industrial sector (Benade et al., 2016; Le Masson and Weil, 2013), the scope of actions offered by different techniques isn't always the same: sometimes the technique allows users to quickly find a solution to their problem, sometimes they empower users to design a solution by themselves. In this paper, we study the action capabilities offered to farmers by various techniques designed by agronomists.

Defining design regimes

Various design regimes (DR) have been identified in industry (e.g. rule-based design, innovative design – Le Masson et al., 2017). The notion of ‘regime’ has often been used to study regularities in scientific and practical knowledge production patterns in different institutional and socio-technical contexts (Bonneuil and Thomas, 2009; Labatut et al., 2011). Le Masson et al. (2017) use the notion of regimes to analyze design work. They consider it relevant to analyze the various forms of regimes and the transitions between them. They define a design regime on three dimensions: a design reasoning pattern, an organizational model and a performance logic. The organizational model refers to the stakeholders involved in the process, their role in it and the way they coordinate and find common interests to conduct an exploration. The performance logic refers to the designer’s intention, the performance criteria he/she takes in consideration to explore concepts, and the means he/she wishes to use in the process (e.g. reusing knowledge). Segrestin et al. (2002) add that different design regimes generate different kinds of output (e.g. breakthrough products, incremental innovations).

Characterizing different design regimes will therefore help us understand the conditions under which particular design reasoning patterns emerge.

Method

A genealogical approach

In this study, we use a genealogical approach (Acquier and Aggeri, 2008; Labatut et al., 2011; Le Masson and Weil, 2013): while a literature review would aim to identify and compare several design-oriented studies conducted over a short period of time, a genealogical approach aims to understand the historical backgrounds of different design reasoning patterns. By going back to their roots one can characterize these types of reasoning within the contexts in which they were invented and developed. As Acquier and Aggeri (2008) explain, this approach allows one to stand back from the current situation, to question the relevance of historically built regimes, and to learn from past experiences in order to build the future.

Scope of the study

Authors who have sought to improve farming practice by modern scientific means have been variously described over time as rural scholars, agriculturists, farming scientists, agronomists, etc. In this paper we refer to them all as "agronomists", and our study is focused on the French context. We have referred to international influences where relevant, and most of the cases we look at concern arable crops, as their study has been a major driving force for advances in French agronomy (Bernard de Raymond and Goulet, 2014). The data studied were drawn from the writings of agronomists of the 18th to 21st centuries in books and technical and scientific journals (see Table 1).

Knowledge production approaches in agronomy					
	From 1750	From 1850	From 1950	From 1970	From 2000
Studies on the history of agronomy describing epistemological trends	Denis, 2001, 2001a; Bonneuil et al., 2008; Knittel, 2010; Robin et al., 2007; Lefèvre, 2014	Jas, 2001; Blondel-Mégréris and Robin, 2002; Robin et al., 2007; Lefèvre, 2014	Norman, 2002; Bonneuil et al., 2008; Bonneuil and Thomas, 2009; Spiertz, 2014	Norman, 2002; Tamian, 2008; Cornu, 2014	Bonneuil and Demeulenaere, 2005; Bonneuil and Thomas, 2009
Main sources used to analyze agronomists' design reasoning patterns	Books by well-known authors and dissertations ordered by learned societies	<i>Annales agronomiques</i> , <i>Journal d'Agriculture pratique</i>	<i>Annales Agronomiques</i> , <i>Bulletin Technique d'information</i>	<i>Perspectives agricoles</i> , doctoral thesis in agronomy, scientific journals in agronomy	Scientific journals in agronomy, brochures on participatory design
Design regimes	Designing from farming practices	Designing through the lens of chemistry	Designing to optimize agricultural input use in different environments	Designing combinations of techniques for different types of farms	Designing to support on-farm design

Table 1: Main features of epistemological trends in agronomy and references used.

Data collection and analysis

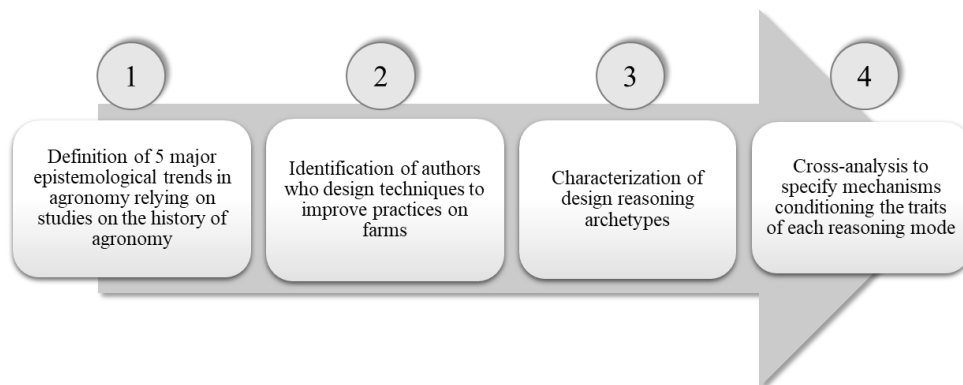


Figure 2: The four steps of the study.

Step 1 (Figure 2): Knowing the importance of knowledge production in design, we posited that the development of different design reasoning patterns would follow the main shifts in agronomic epistemology (i.e. scientific tools, laws, concepts). We therefore started by tracing these shifts through the work of historians and in Science and Technologies Studies. These authors (Table 1) have studied the evolution of the discipline against the historical background that has conditioned its development (politics, institutions, socio-technical context, etc.). In our results, we summarized the epistemological trends for each design regime, as well as the scientific and organizational context that conditioned their development.

Step 2: We identified design-oriented studies in agronomy corresponding to each trend. As most writings are devoted to knowledge production (theory enrichment) and as design reasoning can be implicit (Martin et al., 2013), our main challenge was to find publications in which agronomists explicitly designed techniques to improve on-farm practices. To do so, we looked for writings by agronomists

known for their inventions (e.g. Jean Hébert who invented the balance sheet method for nitrogen fertilization), we explored books, magazines and scientific journals known as major publication channels (Table 1) and chose design-oriented studies where agronomists clearly set out their reasoning and described the techniques designed.

Step 3: Through an iterative process between analyzing design-oriented publications of agronomists (coding agronomists' reasoning traits (Corbin and Strauss, 1990)) and our theoretical background (Section 2), we built a framework to distinguish different design reasoning patterns. This framework addresses:

The formulation of the design issue (see Figure 1). We described the way agronomists formulated their initial intention.

The agronomist's knowledge background. We addressed the following questions: What was the agronomist's theoretical background? What were the technical options they already knew and what was the remaining unknown? We took special care to describe the agronomists' representation of agriculture. We sought to pin down how agronomists represent to themselves the biological-physical-chemical and technical dimensions of agriculture and the farmer action (e.g. he applies prescriptions, or chooses among a range of technical options).

The exploration process. We specified the cognitive operations agronomists perform when designing: how they identify, refine and choose concepts. We detailed (i) the scientific tools they used to model, optimize or assess the designed techniques; (ii) the knowledge fields they explored, and why; (iii) the assessment criteria they took in consideration.

The outputs of the design process. We specified the contribution of the agronomists in question to agronomic theory, and the nature of the techniques they offered farmers, specifying the scope of action involved.

Step 4: We compared the five regimes so as to reveal the key factors that condition the traits of different design reasoning patterns.

Results

We will now present the five Design Regimes (DR) we characterized in the French context from the 18th to the 20th century. For each DR, we present the organisational and scientific context and the design reasoning archetype we characterized.

Design Regime (DR)	Authors	Titles
DR1	Tillet, 1755	Dissertation on the causes that corrupt and darken wheat grains on wheat and ways to prevent this accident
	Parmentier, 1789	Treatise on the cultivation and uses of potato, sweet potato and Jerusalem artichoke
	Duhamel du Monceau, 1762	Elements of agriculture
DR2	Corenwinder and Woussen, 1875	Chemical fertilizers and sugar beet
	Audoynaud, 1877	On the influence of potash fertilizers on vineyards
	Petermann, 1876	Research on the best use of artificial fertilizers in sugar beet cultivation
DR3	Jourdheuil, 1977	Strategy for pest control on oilseed rape
	Hébert, 1969	Nitrogen fertilization of winter wheat
	Koller, 1969	The use of dwarfing substances in wheat cultivation
DR4	Meynard, 1985	Constructing winter wheat crop management systems
	Lançon et al., 2007	An improved methodology for integrated crop management systems
	Blazy et al., 2009	A methodology framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe.
DR5	Le Bellec et al., 2012	Evidence for farmer's active involvement in co-designing citrus cropping systems using an improved participatory method
	Moraine et al., 2017	A participatory method for the design and integrated assessment of crop-livestock systems in farmers' groups
	Lefèvre et al., 2014	Farmers and agronomists design new agricultural practices for organic cropping systems in France

Table 2: Publications studied and used as examples in the results to present the main traits of agronomists' design reasoning patterns.

DR1: Designing from farming practices (from 1750)

Scientific and organizational context

In the 18th century, agriculture was the subject of much intellectual debate, leading to the birth of agricultural science (Denis, 2001). This process is evidenced in the proliferation of writings on the subject in France (Lefèvre, 2014), in line with a wide trend in Europe (represented by Jethro Tull in England, Albrecht Thaër in Germany, etc.). The authors came from different backgrounds (e.g. rural scholars, physicians) (Denis, 2001a; Jas, 2001). Many of them communicated with each other through letters or the recently created learned societies, which encouraged publication (e.g. by commissioning essays and giving scientific recognition). As Denis (2001) explains, these authors were part of a movement seeking to develop the crafts and trades (as proposed by Minister Colbert (1675)), bringing science and professional experience into synergy. The way they formalized their knowledge and

experimental methods (Knittel, 2010) reflected their rejection of esotericism and their opposition to the speculations found in many writings (Lefèvre, 2014).

The agronomists' design reasoning

The formulation of the design issue. Agronomists basing their work on both science and farmers' experience wished to demonstrate the value of existing practices to solve problems encountered by farmers. These problems were anomalies the agronomists observed. For example, Tillet looked for ways to control a black contamination (bunt) found on wheat, Parmentier dealt with problems in potato growing (e.g. decline in soil fertility) and Duhamel du Monceau improved crop management principles based on observations on his farm (see Table 2).

The knowledge background. Agronomy was under construction, agronomists had few tools for knowledge production (mainly experiments on their own farms and naked-eye observation) and there were no validated theories on the problems they were dealing with: both the nature of the natural phenomena (e.g. wheat bunt) and the ways to manage them were unknown. These agronomists had a holistic representation of agriculture. They had experience of agriculture on their own farms and were familiar with local practices.

The exploration process. These agronomists did not have a design framework in common; their reasoning was guided by various factors:

They learned about symptoms, causes of the problem and technical options by reading known authors and interacting with farmers. In Tillet's case, for example, contradictions between what he read and what farmers told him laid the foundations of his reasoning: they enabled him to identify new technical options and formulate hypotheses that then guided his experiments;

Inductive observations made by the agronomists or collected from farmers enabled them to build classifications (e.g. Parmentier observed, classified and named a number of varieties of potato, and Tillet observed wheat diseases and classified them to pin down his design issue – wheat bunt). This in turn enabled them to formulate hypotheses on the effects of different technical options;

Comparative experiments (by agronomists or farmers) enabled them to validate causal links and optimize techniques (e.g. Duhamel du Monceau showed that sowing wheat in double rows was more productive than with single rows);

During their explorations, all these agronomists picked from diverse fields of knowledge such as botany, entomology or medicine to interpret the phenomena they observed and refine the concepts they explored (e.g. Tillet made analogies between bunt dispersal and theories on how syphilis spreads);

The techniques designed were judged satisfactory when they appeared feasible in practice and when the problem was no longer observed.

Outputs of the design process. They contributed to theory by identifying natural laws and specifying links between techniques and ways to use them to achieve desired effects. This process resulted in better technical options for farmers, and sometimes new functions for existing techniques (e.g. Tillet suggested that if the manure contained contaminated straw it should only be applied once the straw was completely consumed, to avoid disseminating wheat bunt).

DR 2: Designing through the lens of chemistry (from 1850)

Scientific and organizational context

Chemistry, recognized as a science at the beginning of the 19th century (Robin et al., 2007), generated improvements in many sectors. Many chemists studied agriculture, regarding chemistry not just as one discipline among others for interpreting agronomic phenomena but as the main prism through which to analyze them (Jas, 2001). Chemistry and its analytical tools (e.g. soil analysis) offered a new viewpoint on agriculture and multiplied the knowledge fields to be explored, shedding light, for instance, on plant nutrition phenomena. With support from the French government, this paradigm was applied in places set up for the purpose, and where experimental parameters could easily be controlled: experimental farms (e.g. Jean-Baptiste Boussingault's farm), agricultural research stations and laboratories dotted around the country (Denis, 2001a; Grandeau, 1869), and experimental plots at the recently-created agricultural graduate schools (Jas, 2001). Theoretical advances were numerous, in France and abroad (Van der Ploeg et al., 1999). One of the most significant advances was the theory of mineral plant nutrition (Blondel-Mégréllis and Robin, 2002), along with the law of the minimum and the notion of limiting factor (Liebig, 1840). The law of the minimum stipulates that if a plant is supplied with all conditions for life except one, the limiting factor, it cannot grow. These advances, coupled with advances in physics, soil science and geology enhanced the potential for interpreting agronomic phenomena (Spiertz, 2014) and boosted the design of agricultural inputs, most famously chemical fertilizers.

The agronomists' design reasoning

The formulation of the design issue. Agronomists identified performance failures on farm and set out to improve the use of agricultural inputs designed out of farms. For example, Audouynaud (vineyards) and Corenwinder and Woussen (sugar beet) looked for optimal equilibrium among fertilizers to give good yields and high quality. Petermann explored optimal ways to apply fertilizers to achieve maximum yields in sugar beet (see Table 2).

The knowledge background. These agronomists started out with a shared representation of agriculture, consistent with the law of the minimum: (i) an input (e.g. fertilizer), (ii) so as to manage a limiting factor (e.g. crop nutrition), and (iii) reach pre-set performance criteria (e.g. maximum yield). They all knew various technical options that could be used. The remaining unknown was how to use the agricultural input most efficiently to achieve the performance criteria under different soil and climate conditions.

The exploration process. These agronomists mainly approached the issues through the lens of chemistry. They adopted a common framework:

They gathered the scientifically produced knowledge available on their problem, and formulated hypotheses as to the effects of different technical options on physic-chemical reactions (e.g. Petermann assumed that the method used to apply chemical fertilizer – rake, hoe or spade, etc. – would affect the nutritional power of the fertilizer);

They tested their hypotheses by comparative experiments at research stations, coupled with chemical analysis (e.g. Petermann showed that sugar beet grows well in sandy clay soils if fertilizer application is followed by deep tillage);

When necessary, they conducted further comparative experiments, to optimize the technique designed (e.g. Corenwinder and Woussen added chemical measurements on ash to pin down the best kind of potash to use on beet to achieve optimum sugar crystallization).

To prove the interest of the technique, agronomists assessed their techniques using quantified indicators (e.g. yield, sugar content, economic margin).

Outputs of the design process. Their theoretical contribution was to identify efficient ways of using known agricultural inputs. The output of the design process took the form of action rules for farmers (e.g. from Corenwinder and Woussen, "use potassium sulfate to get optimal yields and sugar content from a beet crop").

DR 3: Designing to optimize input use in different environments (from 1950)

Scientific and organizational context

After WWII, in France as elsewhere in Europe, agronomists shared a common project fostered by their government: to rapidly modernize the country's farms so as to achieve national self-sufficiency and develop rural areas (Bonneuil et al., 2008; Demolon, 1946). The agricultural modernization government' strategy was based on producing and rapidly disseminating ready-to-use technical innovations. The creation of the National Institute for Agricultural Research (INRA, 1946) boosted knowledge production in many scientific disciplines (e.g. crop physiology, plant pathology, genetics), and the design of new agricultural inputs (e.g. pesticides, plant varieties – Bonneuil and Thomas, 2009). From 1952 the *Instituts techniques* (technical institutes), set up for agricultural value chains, produced readily disseminated knowledge addressed to agricultural advisors and spread via on-farm exhibitions. The Chambers of Agriculture (which have had a technical advice mission since 1966), agrifood industries and cooperatives all offered specialist advice and tools for disseminating and locally adapting the use of agricultural inputs (Brives, 2008). As in other countries, knowledge was produced in laboratories, on experimental stations and on farms. Two major advances helped to shape knowledge production:

Fisherian statistics, used to validate the knowledge produced (Spiertz, 2014), and mathematical modelling, which offered new simulation and optimization capacities (Palti, 1981).

The agronomists' design reasoning

The formulation of the design issue. Agronomists identified crop performance failures on farm and looked for ways to help farmers make optimal use of agricultural inputs, mainly to ensure that newly-created varieties produced the highest yields possible. For instance, (see Table 2), Jourdheuil, Koller and Hébert looked for ways to optimize respectively the use of pesticides on oilseed rape, growth regulators on wheat and nitrogen fertilization on wheat.

The knowledge background. These agronomists' representation of agriculture was: (i) an agricultural input, whose use had to be optimized, (ii) so as to manage a limiting factor that (iii) is subject to various contingent factors (biotic, edaphic, climatic, etc.), in order (iv) to reach known performance criteria. For them, agronomic situations differed in their soil, climate and biotic characteristics, and, as in Hébert's case, in terms of plot history and machinery. They all had access to recent scientific advances in diverse disciplines (Koller used knowledge of wheat physiology, of eyespot disease, etc.). The remaining unknowns were the inventory and classification of the contingent factors affecting the input efficiency, and ways to deal with them so as to optimize input use.

The exploration process. They adopted a common framework:

They gathered the scientific knowledge available on their problem and built a model incorporating the known factors affecting input efficiency (in Jourdheuil's work these were climate, varieties, trapping method, etc.);

They then conducted experiments to set their models' variables and looked for easy ways (for farmers/advisors) to measure, calculate or observe the status of each factor affecting the farmer's choice (for Hébert, chemical analysis to measure the mineral nitrogen at the end of winter, charts of nitrogen content in crop residues, etc.);

They often tested their models in diverse agronomic situations (sometimes on-farm), and every failure or observed anomaly raised a new research question;

The technique designed was judged statistically satisfactory if it optimized the use of the input as proven by quantified indicators (e.g. yield, gross margin).

Outputs of the design process. Their theoretical contributions consist in models containing the variables to be taken into account for optimizing the use of an input. The outputs for farmers are guidelines or calculate on methods to help them optimize input use according to their particular production conditions.

DR 4: Designing combinations of technical options for different farm types (from 1970)

Scientific and organizational context

In the 1970s, agronomists criticized their predecessors' approaches for ignoring the diversity of farmer's constraints, resources and objectives, resulting in the diffusion of standardized techniques (Deffontaines, 1973; Osty, 1978). This change built up in line with accusations from civil society of a disconnection between researchers and farmers (Cornu et al., 2014), and growing environmental concerns (Tamian, 2008). These agronomists wanted to reform agronomy (Sebillotte, 1974). A major change was that they embedded their work on-farm, right from the formulation of their research issues (Gras et al., 1989). The emergence of this approach converged with the international farming systems research movement (Biggs, 1985; Norman, 2002; Spedding, 1976) whose aim was to understand the diversity of farmers' practices and highlight why they function the way they do, so as to be able to improve them. These agronomists explored new knowledge fields: relations between practices, farm functioning and socio-technical context (Capillon, 1993; Osty, 1978); farmers' decision processes (Duru et al., 1988), etc. To reform the discipline, agronomists drew from systems theory (Von Bertalanffy, 1968; Walliser, 1977) and collaborated with researchers in disciplines such as management sciences and economics. They invented new tools: system experiments (Sebillotte, 1974), regional agronomic diagnosis (Doré et al., 1997), systemic modelling (Bouman et al., 1996; Meynard, 1998), farm typologies (Capillon, 1993), etc. And they proposed new theoretical concepts: the distinction between techniques and practices (Teissier, 1979, cited by Landais et al., 1987); the action model (Sebillotte and Soler, 1988); concepts of crop management system and cropping system (Sebillotte, 1974; Zandstra, 1979).

The agronomists' design reasoning

The formulation of the design issue. When looking at issues facing farmers and society, these agronomists seek to design sustainable and locally adapted crop management systems. For instance (see Table 2), they have designed innovative wheat, banana and cotton management systems appropriate to localized farm types (Meynard, Lançon et al., Blazy et al.).

The knowledge background. Their representation of agriculture is in line with the theoretical concept of a cropping system as (i) a coherent combination of technical options interacting with each other and with the environment, (ii) subject to various constraints linked to the productive resources and the environment of the farm, (iii) involving various connected agronomic processes (e.g. plant nutrition, pesticide contamination), and (iv) performance criteria to be achieved. This theoretical concept determines the scope of the design exploration in space (several plots) and time (one or several years). These agronomists translate on-farm practice into combinations of "if...then" decision rules. The remaining unknown is how technical options can interact with each other and with the environment to

achieve performances, and how to combine them (what synergies and antagonisms are there?) in farmer's particular production conditions.

The exploration process. They shared a common approach based on two key modelling stages.

They first performed agronomic diagnoses on local areas and built farm typologies. To do this, they collected data via interviews and crop measurements (Meynard), from databases (Blazy et al.) or through collective workshops (Lançon et al.). The typologies and diagnoses laid the foundations of their reasoning, enabling them to define sets of objectives and constraints delimiting their exploration, to map local practices and to specify unmet performance criteria (e.g. low yield, high pesticide use, Meynard).

They then gathered knowledge to model the dynamic interactions between technical options and between the crop and its environment. Lançon et al. built a qualitative model of cotton crop growth at workshops with experts; Meynard built a model incorporating existing scientific predictive models and predicting the effect of technical options on wheat yield. He built his model by drawing up hypotheses on their interactions in diverse soil and climate contexts, and tested it with on-farm experiments.

Agronomists then used these models to define optimal combinations of technical options, consistent with the pre-defined objectives and constraints.

The techniques designed were then validated by tests on-farms (Meynard) or in silico (Blazy et al.).

Outputs of the design process. Their theoretical contributions are farm typologies and models of interactions between technical options and with diverse environments, to achieve specific performance criteria. Outputs for farmers are crop management systems, i.e. sets of "if...then" decision rules for adapting combinations of technical options to particular agronomic situations.

DR 5: Designing to support on-farm design (from 2000)

Scientific and organizational context

Since the 1990s, agronomists worldwide have been criticizing top-down innovation processes in which agronomists design techniques and farmers apply them; they consider that these processes failed to address farmers' own design and innovation capabilities (Goulet et al., 2008). They stress the importance of reviving the role of farmers (and other stakeholders) in innovation processes to tackle agriculture's numerous issues (environment, nutrition, socio-economic equity, etc.) (Klerkx et al., 2010). In France, the Sciences for Action and Development division of INRA initiated this movement in the 1990s, through cross-disciplinary studies of innovation processes and by analyzing the links between knowledge production and action (Albaladejo and Casabianca, 1997). In the 2000s, the French government boosted these developments by creating government-funded organizations and fostering collaboration with farmers and with other R&D stakeholders (Bergeret, 2011). Following an international trend, agronomists worked with ecologists and social scientists to develop new tools: participatory methodologies (Douthwaite and Hoffeker, 2017), ways to hybridize empirical and

scientific knowledge (Girard and Navarrete, 2005), ways to involve users in the design process (Cerf et al., 2012) or to build on innovative practices developed on farms (Salembier et al., 2016). They also developed conceptual frameworks including adaptive perspectives (Darnhofer et al., 2010) and multiscale approaches (Francis et al., 2003).

The agronomists' design reasoning

The formulation of the design issue. After outlining the societal and agricultural issues they wished to tackle, these agronomists used participatory approaches in support of local changes. They co-design with farmers sustainable, locally appropriate, agricultural systems. For instance (Table 2), they addressed pesticide use reduction (Le Bellec et al.), the management of soil fertility (Lefèvre et al.) and the design of mixed crop-livestock systems (Moraine et al.).

The knowledge background. In these processes, both the farmers and the agronomists (and other stakeholders) share the knowledge background. Agronomists had no a priori representation of agriculture; in their view they had to define it during the process, with their partners, taking into account all the agronomic, ecological, and socio-economic dimensions that seemed relevant.

The exploration process. Their exploration was conducted through collective workshops and was nourished equally by farmers' knowledge and scientifically produced knowledge.

The first step consists in a diagnosis made within groups of farmers or larger groups involving other stakeholders, to detail the agronomic situation and the desired changes. For instance, they asked: Which stakeholders have to be involved? What would be the goal of the design process (e.g. reduce pesticide use, Le Bellec et al.)? What is the common expectation within the group concerned (e.g. to achieve local self-sufficiency, Moraine et al.)?

Knowledge is then produced through collective exploration. Where relevant, agronomists produce, collect or inject knowledge to foster the collective exploration. For instance, during workshops, Lefèvre et al. brought into the discussion some pioneering farmers' practices; Moraine et al. presented for criticism some farming systems devised by researchers; and Le Bellec et al. brought knowledge of weed ecology into an exploration of possibilities for "ground cover as a weed control strategy".

Concepts are refined collectively, through oral exchanges and depending on the group's interests.

Proposals are assessed by on-farm practice (Moraine et al.), via simulation tools (Lefèvre et al.) or via an on-station system trial (Le Bellec et al.).

After the conceptual exploration, the agronomists pay attention to achieving fulfilment in practice (e.g. Moraine et al. defined levers for territorial coordination between livestock farmers and crop farmers).

Outputs of the design process. Theoretical contributions can vary depending on the orientation chosen during the process (e.g. new research questions raised, crop models, knowledge of local conditions).

The design framework is, in any case, put forward as a contribution. Farmers involved benefit from learning loops during the process; other farmers could benefit from the assessment tools, ideas put forward and knowledge produced.

Factors conditioning the different design reasoning patterns

Each of the five design regimes emerged in connection with developments in the organization of agricultural R&D and shifts in agronomy's epistemological trends. In DR1, agronomic theory is in its infancy and agronomists organize themselves to produce recommendations based on science rather than speculation. Farmers' practices are key resources for them. DR2 emerged along with the hegemony of chemistry. The new viewpoint on agriculture contributed to off-farm design of agricultural inputs whose use the DR2 agronomists sought to optimize. DR3 followed the same trend. The development of a large R&D body boosted scientific knowledge production in many disciplines, resulting in the production of even more inputs whose use had to be optimize. With DR4, criticisms of a disconnection between science and farmers and the increasing interest in environmental issues prompted a new transition. Agronomists first sought to understand the practices farmers were using, focusing on small regions, then to identify performance failures. They used systemic approaches to design more efficient combinations of technical options. DR5 built on two observations: that agronomists on their own cannot design multi-performant systems for each farm, and that farmers are designers. They also use systemic approaches to co-design with farmers innovative practices that respond to local and society-wide issues.

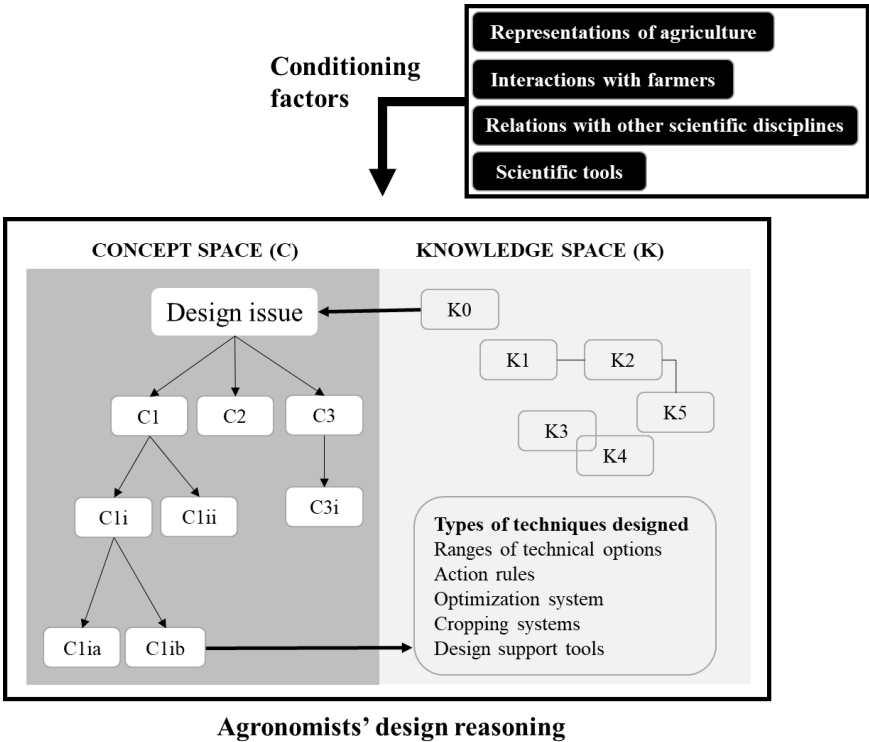


Figure 3: Specific ranges of factors (black boxes) identified as acting either as filters or boosting the exploration in agronomists' design reasoning and the types of the techniques designed.

In all five DRs, the agronomists' design reasoning is conditioned by various cognitive factors (see Figure 3) either opening up the exploration to new concepts connected with the design issue, or acting as filters, guiding or fixating the agronomists' reasoning. We have identified four of them in all five design regimes: (i) the representation the agronomists have of agriculture, (ii) their interactions with farmers, (iii) the scientific tools they use, and (iv) their relationship with other scientific disciplines. Note that a filter in one regime can boost the exploration in another.

(i) The agronomists' representations of agriculture. In DR1 and DR5, agronomists have a holistic view of agriculture. They regard reality as a whole which cannot be split up a priori and are therefore open to any representation. In DR1 this posture is linked to the fact that theory is in process of construction, whereas in DR5 the agronomists want to avoid narrowing the scope of their exploration, to work jointly with farmers to identify problems and design solutions. In DR2 and DR3, the agronomists are part of a reductionist current: in their view, reality can be described in terms of elementary components and complexity is the sum of these components. In both regimes, this representation is highly generative because in those days they could take each new agricultural input and design the best way to use it (e.g. optimizing the use of a chemical fertilizer for each species farmed and in many contexts). DR4 agronomists see this representation narrowing; they use systemic approaches to take account of interactions between technical options and with the characteristics of farms. Thinking systemically invites one to swing back and forth between holistic and reductionist views to rank the effects of practices and define combinations of technical options to design. The DR5 agronomists also adopt this systemic approach to help them rank technical options and make choices in the course of the design process. In DRs 2, 3 and 4, theoretical concepts (limiting factor for DR2 and DR3, cropping system for DR4, etc.) and models of performance goals (e.g. yield and quality targets) act as filters on the agronomists' reasoning because they fixate their representations of agriculture from the outset.

Agronomists' representations of the agro-ecosystem became more complex between DR2 and DR4, in line with the growing body of knowledge and of performance criteria to be considered: from the "input-process-effects" representation for increasing productivity in DR2 they moved on to representations that include interactions between technical options and with the farmer's aims and constraints and multi-performance goals in DR4. DR5 breaks with this complexification; the agronomist is no longer designing on his own: he/she takes local knowledge into account to support the design on farm of techniques adapted to specific agro-ecosystems, and he/she uses less complex models.

Agronomists' representations of farmer action filter the type of technique they can design. Agronomists in the five regimes respectively view farmers as: Able to pick from a range of technical options (DR1); a homogeneous group applying one good way to manage a problem (DR2); optimizers able to adapt an input's use to diverse environments (DR3); decision-makers able to choose the better combination of

technical options for their situation, depending on their objectives (DR4); designers, able to harness knowledge and alternatives to adapt practices in their farm (DR5).

(ii) *Agronomists' interactions with farmers.* Farmers' practices are central to the agronomists' reasoning in DR1 but almost absent in DR2 and DR3, where farmers are only involved for formulating the design issue. Some agronomists identify original farmer practices (e.g. in DR1, Tillet saw that some farmers were using lime to control bunt) or to provide ideas during collective explorations (e.g. in DR5 Lefèvre et al. presented pioneering farmers' practices at workshops). Farmers' knowledge increases agronomists' interpretative capabilities, enabling them to refine or exclude some ideas (e.g. DR1, DR5). In DR4, with typologies, farmers' knowledge enables agronomists to define objective frameworks and constraints to guide their explorations. In DR1, DR4 and DR5, farmers are able to contribute to the design process because it is locally anchored or because agronomists implement spaces (as workshops) for exchanging ideas.

(iii) *Scientific tools.* The range of tools available to agronomists grows from regime to regime, offering different generative capabilities. Thus, gathering, organizing and interconnecting knowledge (the state of the art) makes it possible to *refine the formulation of the design issue*, to *identify contradictions* (leading to the formulation of new hypotheses (e.g. DR1)) or to *build models*. These models can be used as optimization tools (DR3) and help to organize the exploration. In DR4, computer models presenting interactions between technical options and crop growth factors stimulate exploration of different concepts. Experiments on factors (DR2, DR3) or systems (DR4, DR5) reveal connections between different knowledge items (e.g. causality links) and help to find optimal (combination of) technical options. In DR4, an agronomic diagnosis makes it possible to rank the agro-ecosystem variables to be taken into account while the farm typology is useful for defining objective frameworks and constraints that are then used to find optimums. Some tools also serve to *generate innovative concepts*: e.g. the "tool" of identifying farmers' original practices (DR1 and DR5) and the design workshops in DR5. In DR1, inductive observation fulfils several functions: *formulating an initial concept* (e.g. bunt observed on wheat), *drawing up classifications*, *tracking unknown technical options on farm*, *formulating hypotheses* on the effects of the technique and *validating* the performance of a practice, often visually.

(iv) *Scientific disciplines.* An agronomist's reasoning is shaped by his or her relationship with different scientific disciplines. In DR2, for example, chemistry filters agronomists' exploration because knowledge production is viewed solely through its prism, while in DR1, DR3, DR4 and DR5 agronomists remain open to use knowledge from diverse disciplines. In these regimes, chemistry could thus foster the exploration: it can be invoked, if relevant, to highlight a phenomenon (making links between knowledge items) or assess performance (helping to choose between options). In DR4 and DR5, social sciences and ecology increased agronomists' generativity (e.g. decision theories in cognitive science helped them to model farmer's decisions, DR4).

Discussion

Studying design in agronomy with the help of design science

Recent advances in design science (Hatchuel and Weil, 2009; Hatchuel et al., 2017) have supplied us with valuable analytical tool for obtaining and interpreting our results.

First, it allowed us to focus on agronomists' design activities, which is far less often examined than their knowledge production. Second, we drew up an analysis framework on design theories to differentiate design reasoning archetypes connected with shifts in agronomic epistemology. We characterised agronomists' design reasoning patterns by studying their agronomic content so as to describe the chains of cognitive operations that determine the design of varying techniques. Third, we used the notions of filter, borrowed from Hatchuel et al. (2013a), to highlight the role of four factors that condition agronomists' reasoning, which allows us to enrich previous studies on design in agronomy. Relations (i) with farmers and (ii) with disciplines are sometimes mentioned as factors influencing design processes (see for example McCown (2001)) but without deepening their impacts on designers' reasoning. Some articles mention the role of computer models in design work (see for example. Le Gal et al., 2011), but these models do not always completely account for agronomists' representation of agriculture and of farmer action. More broadly, the functions played by scientific tools in design processes are rarely raised in the literature.

In our results we shed light on how cognitive processes described in design theories are activated in agronomist's reasoning. For example, in DR1 and DR5 farmers' innovative practices disrupt fixations, similarly to the examples of breakthrough described by Agogué et al. (2013). In DR4 and DR5, the systemic approach favours the establishment of links between fields or items of knowledge (by devising crop models in DR4 and by bringing scientific and empirical knowledge together in DR5). This generates non-modular knowledge which Le Masson et al. (2013) see as a valuable asset for boosting the exploration in design. The experiments on farm or on station also allow agronomists to refine concepts through learnings in action (Schön, 1983). A study of oral exchanges occurring during the design process could help to refine this characterization of reasoning traits that are often not expressed in writing.

In one of the few earlier agronomy studies to draw on design science, Martin et al. (2013) compared several contemporary design-oriented studies. Analyzing these studies in the light of theories by Simon (1969) and Schön (1983) they defined two contrasting reasoning models which they call optimization approaches and participatory simulation-based approaches. We find these reasoning patterns in DR4 and DR5, and go further by pinning down the roots of their generativity and the types of techniques these approaches make it possible to design. Our work also enriches this work with three other reasoning archetypes (DRs 1, 2 and 3). Most agronomic design studies currently aim to equip the DR4 (e.g. Pelzer

et al., 2014; Rapidel et al., 2009; Vereijken et al., 1997); a few, mainly the most recent, help to equip the DR5 (e.g. Husson et al., 2016; Meynard et al., 2012).

By coupling a "design regimes approach" with a genealogical approach, we have been able to situate these reasoning patterns in the organizational and scientific context that conditioned their development. This has been especially fruitful to understand why each new regime emerged (developments in the organization of agricultural R&D, evolution of societal issues and scientific paradigms). Yet, as suggested by Labatut et al. (2011) and Bonneuil and Thomas (2008), our understanding of the factors conditioning the existence of each regime could be enriched by a more detailed characterization of organizational and institutional systems (e.g. types of public and private stakeholders involved in innovation systems, forms of governance of innovation regulation systems).

Enriching the agronomists' design toolbox: current issues

Supporting the design and adaptation of farming systems to the diversity of individual farms is a major challenge for agronomists (Bredart and Stassard, 2017; Darnhofer et al., 2010). They must adapt their reasoning to the diversity of conditions under which farming is done (Sumberg et al., 2003) and to different territorial and agrifood system scales (Meynard et al., 2017). They also have to address (i) the many gaps in our knowledge of the natural regulation processes and (ii) the performances and implementation conditions of innovative practices at farm, territory and supply chain levels (Duru, 2013).

In this context, the approaches and design tools proposed in the literature are examples that can inspire agronomists starting design processes. Our results complement this literature: the factors we have identified, stimulating the exploration or acting as filters, keep enriching the agronomist's "design toolbox":

Our results show that the type of representation agronomists have of agriculture affects the generative capabilities of the design process. To support DR5, along the lines proposed by Cox (1996) and Ryschawy et al. (2017), more research is needed to show how to construct evolutionary models, easy to reuse in different design situations.

Our work also highlights the place and role in the design process of scientific tools such as experimentation, diagnosis and collective workshops. Kropff et al. (2001) calls for a more rational use of agronomists' tools in the knowledge production process. We go further and call for a deeper understanding of the functions fulfilled by agronomists' scientific tools in the design process. What cognitive mechanisms do they activate? In what conditions do they act as filters or, on the contrary, bring new ideas? In what ways do they complement each other? How do they contribute to support the design on farm? What tools have yet to be invented? For example, the recent invention (Salembier et al., 2016) of a method for tracking down on-farm innovations was a response, in DR5, to value farmer's design capabilities.

Agronomists could find useful tools for their reasoning among the tools developed by design scientists; some studies have begun to do so with the KCP® method (see Ravier et al., 2017). Thus, mapping the effects of fixation (Agogué et al., 2013) could help agronomists to re-open their exploration. In situations where agronomists want to explore breakaway concepts (e.g. in DR5 workshops) creativity methods such as C-K modelling (Hatchuel and Weil, 2009) offers tricks for stimulating exploration. Systematic approaches (Pahl et al., 2007) could also furnish rich examples of knowledge structures organised to foster rule based design processes in various situations.

Improving distributed design processes in agriculture

As highlighted by Prost et al. (2017), design work in agriculture is distributed, i.e. explicitly shared on the operational and cognitive levels between different stakeholders (Darses and Falzon, 1996). A growing number of agronomists are trying to enrich distributed design (e.g. Cardoso et al., 2001; Groot Koerkamp and Bos et al., 2008). To stimulate this dynamic, new forms of interaction between agronomists and farmers need to be created, in which the design work of each could enrich the others. We can draw some lessons from the five design regimes we have described:

- *The forms of interaction between agronomists and farmers* that we have described in the five regimes are similar to the types of participation identified by Pretty (1995): in DR2 and DR3, agronomists only consult farmers for formulating the design issue (*consultative participation*). In DR4, they also consult them at the diagnosis and typology stages and sometimes for testing the agronomists' prototypes in their fields (*participation for material incentives*). In DR1 and DR5, farmers are consulted about their practices; they may co-design (*interactive participation*) or test techniques themselves and communicate their results to the agronomists (e.g., in DR1, by letter) (*self-mobilization*). In keeping with Ingram (2008), to stimulate the development of the DR5, it would be interesting to keep mapping the design capabilities transmitted to farmers through these types of interaction.

- *Farmers' contributions to agronomists' reasoning*. Several studies have identified ways of hybridizing farmers' and agronomists' knowledge to enrich scientific knowledge production (e.g. Dolinska et al., 2017; Girard and Navarrete, 2005). Barcellini et al. (2015) showed that the involvement of users in the design process helps to enrich the conceptual, operational and functional aspects of the object designed. Our results add that farmers take part in all DRs in formulating the design issue, and, in DR1 and DR5, in identifying and refining original concepts and they also help to enrich the agronomists' representations of agriculture (in DRs 1, 4 and 5).

- *The link between the representation of action and the nature of the techniques designed*. As Cerf and Meynard (2006) have stressed, every technique designed vehicle a representation of action: concerning decision support tools, the farmer is regarded as an agent who makes decisions with the help of data collected on his/her field. We highlight other representations agronomists have of farmers: as appliers of action rules, optimizers of technical options - both also described by McCown (2001) - and as

designers. In all five DRs there is a close link between the representation of action and the type of technique designed, and these in turn frame the farmers' action capabilities (apply, optimize, design). Within each regime, the representations we have described could be refined by a more thorough study of the ranges of techniques they lead to. For instance, our case studies for DR5 illustrate only a few of the design support tools that exist. A study of the full range of these tools, using the knowledge we have of farmers' design reasoning (Chantre and Cardona, 2014; Toffolini et al., 2016, 2017), might enable us to describe the representations of the "designer-farmer" they imply and the action capabilities they offer.

- *Establishing proof.* Doré et al. (2011) argue that in participatory research it is important to specify the degree of validity, certainty and precision in local farmers' knowledge. Our results add nuance to this as regards the design process. Our results show that agronomists do not always try to scientifically validate the on-farm practices they observe, but those practices can nonetheless help them broaden their exploration and formulate new concepts (e.g. Tillet, DR1). Our results also show that some agronomists, aiming mainly to stimulate design by other farmers (e.g. DR5, during collective workshops (Lefèvre et al.)), do not try to validate local knowledge or define its degree of certainty. This observation highlights the importance of distinguishing between "scientific knowledge production" and "use of knowledge in a design process", which, depending on the situation, should not always require the same rules for establishing proof.

Historically rooted reasoning patterns that persist today

Examining recent studies, we find traits in common with the design reasoning archetypes we have characterized. In many studies, design reasoning remains close to DR2, in which experimentation is the main knowledge production tool, design relies on scientifically-produced knowledge, models focus on a single agricultural input whose use has to be rationalized in different environments, and techniques are action rules (e.g. Tringovska et al., 2015). Other studies also focus on the design of decision support systems, closer to DR3. They aim to optimize the use of a single input increasingly precisely, without taking account of interactions with other inputs, and regard farmers as optimizers (e.g. precision agriculture systems, Lindblom et al. 2016). The design of cropping systems (as in DR4) has vastly increased recently and its systemic exploration capabilities have improved with computer-aided design. Many of these agronomists do not interact with farmers; they define sets of objectives and constraints with experts, and simulate the performance of the cropping systems *in silico* (e.g. Bergez et al., 2010). Finally, we think that practices such as permaculture and biodynamic farming (Ferguson and Lovell, 2014) – the theorization of which has yet to attract scientists' attention – are resources developed on-farm and whose study (in the style of DR1) could open up new innovation pathways.

Conclusion

Our genealogical approach allowed us to get down to the roots of several design reasoning archetypes and see how they developed in parallel with trends in agronomic epistemology. In this respect

agronomists have always been designers and have sought to improve their design work so as to adapt to new issues and organizations in agriculture.

Our results bring to light five design regimes between the 18th century and the 21st, showing how agronomists' design reasoning patterns have evolved. We have identified some conditions for transition from one regime to another, such as the emergence of new performance criteria (e.g. environmental issues in DR4 and DR5), the dominant position of a particular scientific discipline (e.g. chemistry in DR2) and the structuring of agricultural R&D (DR3). By studying the chains of cognitive operations in the agronomists' reasoning we have brought to light four factors that act as filters or foster their exploration: the representations they have of agriculture, the scientific tools they use, their relations with farmers and their links with other scientific disciplines. An understanding of these regimes and knowledge of these factors should help to give future designer-agronomists a perspective on their own reasoning. We call for refining our understanding of the factors that shape agronomists' design reasoning, to continue to enrich their design toolbox.

The fifth design regime, DR5, is still evolving. We have shown that some agronomists, faced with today's issues, think it is no longer adequate to design on their own agricultural systems. Under this regime, they share the design work with farmers and try to provide them with design support tools. The characteristics of this regime raise a number of questions that will have to be addressed in the years to come, concerning the role of the agronomist, the reconfiguration of their approaches and tools, and concerning the conditions for fruitful work-sharing between agronomists, farmers and other stakeholders such as consumers and the industries in agriculture.

Acknowledgements: This work was supported by the Science for Action and Development (SAD) division of INRA and the French Environment and Energy Management Agency (ADEME). It was carried out under the umbrella of the Initiative for Design in Agrifood Systems (IDEAS). We gratefully thank Fabien Knittel, Jean Boiffin, François Papy, Paul Robin and Pierre Morlon for their time and highlights on the history of agronomy. This work benefited from rich exchanges with Sophie Hooge, Kevin Levillain, Marianne Cerf, Marie-Hélène Jeuffroy and Mireille Navarrete. We thank Harriet Coleman for the English revision. This article has been considerably improved thanks to the constructive comments of two anonymous reviewers, which we gratefully acknowledge.

Annexe 2. Liste des techniques mises en œuvre par des agriculteurs et étudiées dans le cadre du projet VivLéBio (Chapitre 4).

Nombre de fois rencontré	pratique élémentaire	Processus agronomiques visés	Adventice(s) concernée(s)
3	Binage avec 3 dents/inter-rang	Epuisement (appareil aérien)	Chardon ou chardon et rumex
2	Ecimage au stade bouton floral	Epuisement (appareil aérien)	Chardon
1	Décompactages répétés et croisés après moisson	Epuisement (fragmentation racinaire)	Chardon
1	Décompactage après moisson + déchaumages répétés	Epuisement (fragmentation racinaire)	Chardon
1	Couvert à durée indéterminée de trèfle blanc (+jachère 1an)	Epuisement (appareil aérien), Concurrence (racinaire et aérienne)	Chardon
1	Tête rotation en jachère de trèfle blanc broyé restitué	Epuisement (appareil aérien), Concurrence (racinaire et aérienne)	Chardon
1	Culture de seigle	Concurrence (racinaire, aérienne, allélopathie)	Chardon
1	Culture de sainfoin fauchée	Epuisement (appareil aérien), Concurrence (racinaire et aérienne)	Chardon
1	Agroforesterie	Concurrence (racinaire)	Chardon
2	Roulage (rouleau FACA ou standard)	Epuisement (appareil aérien)	Chardon
1	Coupe basse manuelle à la serpette	Epuisement (appareil aérien)	Chardon
1	Ecimage bas sur pois et pomme de terre	Epuisement (appareil aérien)	Chardon, Laiteron
2	Utilisation de vieilles variétés de blé	Concurrence (racinaire et aérienne)	Chardon, rumex
1	Déchaumages très superficiels avec herse étrille	Epuisement (fragmentation racinaire)	Laiteron
1	Biodynamie : application de cendres diluées dynamisées	Dégénérescence	Rumex
1	Travail du sol avec une sarcluse à vivaces	Extraction et épuisement	Rumex
1	Culture de sarrasin	Concurrence (racinaire et aérienne)	Rumex
2	Semis d'une culture d'été et travail du sol tardif au printemps	Concurrence, intervention à période sensible = épuisement	Tous
3	Binage avec 3 dents/inter-rang	Action sur stock semencier, Epuisement (appareil aérien)	Rumex ou chardon et rumex
1	Pâturage de blé et du couvert par des moutons	Epuisement (appareil aérien)	Rumex
1	Machine à bêcher	Extraction	Rumex
1	Arrachage manuel avec bêche en sortie d'hiver	Extraction	Rumex
1	Isothérapie (macération d'adventices diluées et dynamisées) et Homéopathie	Dégénérescence / bioindication	Tous
1	Pâturage mixte (vaches, moutons, ânes)	Epuisement (appareil aérien), alimentation animale	Tous
4	Inaction	Plante refuge / hôte / nourricière ; restructuration du sol	Tous
3	Observations des états du milieu	Bioindication	Chardon
Tous	Combinaisons de pratiques	Plusieurs	Tous

Annexe 3. Liste des réunions et évènements ponctuant notre collaboration dans le cadre du projet VivLéBio.

Date	Evènement	Présents
25-nov-16	Entretien sur l'historique de l'émergence du projet	Porteuses du projet
30-janv-17	Réunion sur l'historique de l'émergence du projet + prévision collaboration	Porteuses du projet
07-févr-17	Réunion du comité scientifique et technique du projet Agri-Bio	Porteuses du projet, conseillers agricoles engagés dans le projet, partenaire INRA
01-mars-17	Journée bilan du projet Agri-Bio	Ensemble des partenaires du projet Agri-Bio
06-avr-17	Réunion organisation d'une traque aux pratiques innovantes / présentation devant une équipe AGT-RT de travaux de traque aux pratiques innovantes	Porteuses du projet / Membres de l'équipe Innovation à AGT-RT
02-mai-17	Réunion sur le diagnostic des contenus agronomiques	Porteuses du projet
10-mai-17	Réunion avec les porteuses du projet pour avancer sur le diagnostic des contenus agronomiques et préparer la réunion avec les conseillers (16/05)	Porteuses du projet
16-mai-17	Réunion avec les conseillers agricoles du projet et diagnostic sur les contenus agronomiques	Porteuses du projet et conseillers agricoles partenaires
19-juin-17	Réunion sur le diagnostic des contenus agronomiques et préparation de l'étude de pratiques innovantes	Porteuses du projet
21-juin-17	Réunion 'lancement des tests vivaces'	Agriculteurs (5), conseillers agricoles partenaires, porteuses du projet
08-sept-17	Réunion préparation du stage Florent Rodot	Porteuses du projet
21-sept-17	Réunion suivi du stage Florent Rodot	Porteuses du projet
26-sept-17	Journée de restitution du projet Agri-Bio	Journée publique
04-oct-17	Réunion préparation des ateliers de conception	Porteuses du projet
10-oct-17	Réunion présentation de ce qui est envisagé par la traque et pour les ateliers aux conseillers agricoles partenaires	Porteuses du projet et conseillers agricoles partenaires
23-oct-17	Réunion suivi de stage Florent Rodot	Porteuses du projet / Florent
06-nov-17	Réunion de préparation des ateliers de conception	Porteuses du projet et Jean-Marc Meynard
08-nov-17	Réunion suivi de stage Florent Rodot	Porteuses du projet / Florent
10-nov-17	Réunion de présentation des avancées de la traque aux conseillers partenaires	Porteuses du projet, conseillers agricoles partenaires, Florent et Jean-Marc Meynard
06-déc-17	Réunion de suivi de stage Florent Rodot	Porteuses du projet / Florent
12-déc-17	Réunion de présentation des avancées de la traque aux conseillers partenaires	Porteuses du projet et conseillers agricoles partenaires, Florent
09-janv-17	Réunion de préparation des ateliers de conception + point sur les acquis de la traque vis-à-vis du CK initial	Porteuses du projet
22-janv-18	Réunion de préparation des ateliers de conception + point sur les acquis de la traque vis-à-vis du CK initial	Porteuses du projet
14-févr-18	Atelier de conception 'rumex'	Porteuses du projet, agriculteurs et conseillers impliqués
18-févr-18	Atelier de conception 'chardon & laiteron'	Porteuses du projet, agriculteurs et conseillers impliqués
	Atelier de conception 'chardon & laiteron'	Porteuses du projet, agriculteurs et conseillers impliqués
27-mars-18	Réunion de préparation des ateliers de conception + préparation réunion avec les conseillers sur la conception de 'ressources' à partir des acquis du projet	Porteuses du projet et Jean-Marc Meynard
12-avr-18	Réunion sur la conception de 'ressources' à partir des acquis du projet	Porteuses du projet, conseillers partenaires et Jean-Marc Meynard
18-mai-18	Réunion sur les 'ressources' à imaginer dans le cadre du projet	Porteuses du projet

Titre : Stimuler la conception distribuée de systèmes agroécologiques par l'étude de pratiques innovantes d'agriculteurs

Mots clés : agronomie, sciences de gestion, innovation en ferme, systèmes agricoles, étude de pratiques

Résumé : Aujourd'hui, dans un nombre croissant d'initiatives de la R&D agricole, on cherche à apprendre de pratiques 'innovantes' d'agriculteurs. Ces initiatives émergent dans un contexte marqué par le projet 'agroécologie' et suggèrent que l'étude de ces pratiques, singulières et a priori inconnues, serait une voie, empruntée par certains acteurs, pour stimuler l'innovation. Dans cette thèse, au prisme de concepts en agronomie et sciences de gestion, nous explorons : comment et dans quelles situations l'étude de pratiques jugées innovantes d'agriculteurs peut stimuler la conception collective de systèmes agricoles.

Un détour par l'histoire de l'agronomie nous permet de mettre en perspective cette dynamique contemporaine avec les façons dont des agronomes ont, par le passé, étudié des pratiques d'agriculteurs. Dès les fondements de l'agronomie, au 18^{ème} s., certains s'inspiraient de pratiques d'agriculteurs pour générer des prescriptions; puis, en lien avec l'évolution de la discipline, ces études sont devenues marginales. Nous montrons que le rapport aux pratiques d'agriculteurs se renouvelle aujourd'hui, pour le projet de l'agroécologie, et c'est ce que nous approfondissons ensuite.

Par l'étude de 12 initiatives contemporaines, nous

montrons qu'il existe différentes manières d'étudier des pratiques innovantes d'agriculteurs et nous proposons un cadre analytique pour organiser cette diversité. Nous identifions aussi des traits communs et des variantes dans la réalisation de ces études (ex. différents types d'analyses systémiques) qui, influent sur leurs contributions à des projets de conception. Nos résultats montrent aussi ce qu'apporte l'étude de 'pratiques innovantes' à ceux qui la réalise (fédérer une communauté de concepteurs, renouveler leurs représentations agronomiques...) et la contribution de ces études à des dynamiques collectives de conception de systèmes agricoles (ex. contribuer à l'émergence de nouvelles pratiques en ferme, stimuler la génération de prescriptions originales - témoignages, logiques d'action génériques...).

Ces initiatives illustrent l'émergence, en agronomie, de formes originales de contributions à des dynamiques de conception distribuée dans les territoires agricoles. Cette thèse éclaire des ressorts et des modalités de réalisation de l'étude de pratiques innovantes et ses relations à des activités de conception, et elle contribue à la formulation de repères pour penser leur articulation dans l'action.

Title : Fostering the distributed design of agroecological systems by studying farmer's innovative practices

Keywords : agronomy, management sciences, innovation on farm, farming systems, studying farmer's practices

Abstract: Today, in an increasing number of initiatives in the R&D agricultural sector, we look for learning from farmers' innovative practices. These initiatives emerge in a context where 'agroecology' is one the main project for agriculture. They suggest that studying singular and a priori unknown practices could be one way to support innovation today. In this research, using concepts in agronomy and management sciences, we explore: how and in which conditions studying farmer's innovative practices could foster the collective design of innovative agricultural systems.

First, going back through the history of the agronomy, we show that, since the foundation of the discipline, in the 18th c., agronomists draw from farmer's practices to generate prescriptions dedicated to other farmers. In relation with the evolution of the discipline, these studies became marginal. Today, we observe - often in relation with agroecological principles - a renewal in the relations to farmers in design projects and we then focus on this process.

Second, by studying 12 contemporaneous initiatives, we show that it exists various ways to study farmers' innovative practices, and we propose a framework to organize this diversity. We shed light on common traits and differences regarding the way to conduct these studies (ex. various kind of systemic analysis), which impact their contributions to design projects. Our results also show what their initiators can learn and get from studying these practices (to federate a community of designers, to renew agronomic representations...) and how these studies contribute to collective design projects (ex. to foster the emergence of innovative practices on farm, the generation of original prescriptions dedicated to farmers - testimonies, generic action logics...).

These initiatives shed light on original ways, in agronomy, to contribute to distributed design processes in agriculture. This thesis contribute to the understanding of relations between studying innovative practices on farm and design activity, and it gets to the formulation of reflexive keys to think their articulation in action.

